



SKRIPSI - ME141501

KAJIAN TEKNIS SISTEM KAPAL BERBAHAN BAKAR CNG PADA KAPAL RO - RO 1000GT

Rhojulun Assholeh
NRP 4213 106 018

Dosen Pembimbing
*Ir. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng.,
FIMarEST., MRINA*
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



SKRIPSI - ME 141501

**KAJIAN TEKNIS SISTEM KAPAL BERBAHAN
BAKAR CNG PADA KAPAL RO – RO 1000GT**

Rhojulun Assholeh
NRP 4213 106 018

Dosen Pembimbing :
Ir. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng.,
FIMarEST., MRINA
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME 141501

**TECHNICAL REVIEW CNG FUEL SYSTEM BASED
ON SHIP SHIP RO - RO 1000GT**

**Rhojulun Assholeh
NRP 4213 106 018**

**Supervisor :
Ir. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng.,
FIMarEST., MRINA
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD**

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN TEKNIS SISTEM KAPAL BERBAHAN BAKAR CNG PADA KAPAL RO – RO 1000GT

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

Rhojulun Assholeh
NRP. 4213 106 018

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Ir. Agoes Santoso MSc., Mphil., CEng.,**
FIMarEST., MRINA
(1968 0928 1991 02 1001)

2. **Ir. Tony Bambang Mursiyadi, PGD**
(1959 0410 1987 01 1001)

SURABAYA
Januari, 2016





ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN TEKNIS SISTEM KAPAL BERBAHAN BAKAR CNG PADA KAPAL RO – RO 1000GT

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Marine Manufacture and Design (MMD)
Program S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Oleh :

Rhojulun Assholeh
NRP. 4213 106 018

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



M. Badrus Zaman, S.T., M.T
NIS 1977 0802 2008 01 1007
SURABAYA
Januari, 2016



KAJIAN TEKNIS SISTEM KAPAL BERBAHAN BAKAR CNG PADA KAPAL RO – RO 1000GT

Nama Mahasiswa : Rhojulun Assholeh

NRP : 4213106018

**Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK –
ITS**

**Dosen Pembimbing : 1. Ir. Agoes Santoso MSc., Mphil.,
CEng., FIMarEST., MRINA**

**2. Ir. Tony Bambang Mursiyadi,
PGD**

Abstrak

Meningkatnya jumlah perindustrian telah menyebabkan pertumbuhan yang fenomenal dalam permintaan transportasi di seluruh dunia. Berkenaan dengan peraturan emisi yang semakin ketat banyak dari produsen mesin yang berusaha menciptakan mesin yang bukan lagi berbahan bakar konvensional melainkan Gas, yang diharapkan dapat memberikan emisi yang lebih bersih dibandingkan bahan bakar konvensional. Saat ini lebih dari 19 juta kendaraan sudah dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar gas khususnya *Compressed Natural Gas* (CNG). Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini menyajikan latar belakang penggunaan sistem bahan bakar CNG pada kapal RO-RO

1000gt, yang dibandingkan dengan kapal yang menggunakan sistem bahan bakar konvensional. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar keuntungan menggunakan sistem bahan bakar CNG dari segi dimensi pipa, biaya bahan bakar dan biaya pipa pada kedua sistem tersebut. Indikator utama karena adanya penilaian hematnya penggunaan CNG sebagai bahan bakar kapal adalah: Penggunaan pipa yang tidak terlalu besar, biaya bahan bakar CNG yang $\frac{1}{3}$ lebih murah dari bahan bakar konvensional dan penghematan pada pembelian pipa sistem bahan bakar CNG yang hampir $\frac{1}{5}$ dari pipa pada sistem bahan bakar konvensional dan aspek keselamatan.

Kata Kunci : Emisi, Konvensional, Compressed Natural Gas

TECHNICAL REVIEW CNG FUEL SYSTEM BASED ON SHIP RO - RO 1000GT

Name : Rhojulun Assholeh

NRP : 4213106018

Department : Marine Engineering FTK – ITS

Supervisor : 1. Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil.,
Ceng., FIMarEST., Mrina
2. Ir. Tony Bambang Mursiyadi, PGD

Abstract

The increasing number of industry has led to a phenomenal growth in transport demand throughout the world. With regard to the increasingly stringent emission regulations a lot of machine manufacturers who seek to create a machine that is no longer a conventional fuel but gas, which is expected to provide cleaner emissions than conventional fuels. Currently more than 19juta vehicle is dioprasikan using gas fuel kususnya compresed Natural Gas (CNG). Therefore, in the thesis presents the background penggunaan CNG fuel system in the RO-RO ships 1000gt, compared with ships using conventional fuel systems. In this study aims to determine how much profit menggunakan CNG fuel system in terms of the dimensions of the pipe, the cost of fuel and the cost of the

pipeline on both systems. The main indicator for the assessment thrifty use of CNG as fuel for ships is: The use of a pipe that is not too big, fuel costs are 1/3 CNG is cheaper than conventional fuels and savings on the purchase of CNG fuel system pipe that almost 1/5 of pipe in the fuel system of conventional and safety aspects. Result

Keywords: *Emission, Conventional, Compressed Natural Gas*

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya Tugas Akhir ini yang berjudul **“Kajian Teknis Kapal Berbahan Bakar CNG Pada Kapal Ro – Ro 1000GT”** dapat diselesaikan sesuai dengan harapan. Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga atas bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan manajemen yang baik kepada mahasiswa.
2. Bapak Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil., Ceng., FIMarEST., MRINA dan bapak Ir. Tony Bambang, PGD selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang sudah banyak memberikan ilmu dan mengarahkan penyelesaian Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Bapak Irfan Syarief ST., MT. Selaku dosen wali yang telah banyak membantu dalam proses perkuliahan penulis
4. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan support materiil dan doa dari beliau agar Tugas Akhir dapat penulis selesaikan dengan baik.
5. Teman – teman sekaligus pengurus laboratorium Desain dan 3D Modeling
6. Teman-teman mahasiswa lintas jalur jurusan Teknik Sistem Perkapalan Semester Genap 2013, teman-teman member dan pengurus lab *Marine Manufacture and Desain*, serta seluruh teman dari Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang terkait baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun ke arah yang lebih baik. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penulisan.....	6
1.5 Manfaat Tugas Akhir	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Jenis Natural Gas Vehicles	7
2.1.1 Khusus Kendaraan CNG	7
2.1.2 Bi – Fuel	8
2.1.3 Kendaraan Dual Fuel.....	9

2.2 Motor Penggerak.....	12
2.3. Gas Alam	12
2.4 Compressed Natural Gas.....	13
2.5 Aspek Teknis Mesin CNG	14
2.5.1 Keuntungan Pencampuran.....	15
2.5.2 Keuntungan Pemeliharaan.....	16
2.6 CNG Marine.....	18
2.7 Gas Valve Unit (GVU).....	19
2.7.1 Faktor Keamanan	21
2.7.2 Pressure Control	22
2.8 Perhitungan Untuk Pipa	23
2.8.1 Faktor Kompresibilitas	23
2.8.2 Faktor Friksi	24
2.8.3 Dimensi Pipa	27
2.9 Ekonomi Teknis	28
2.9.1 Analisa Ekonomi Teknik.....	29
2.9.2 Kriteria Ekonomi.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Diagram Alir Penelitian	31
3.2. Studi Literatur	32
3.3. Tahap Pengumpulan Data	32
3.4. Perencanaan Sistem.....	32
3.5. Analisa	33

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN..... 35

4.1. Data Kapal..... 35

4.2. Perencanaan Sistem Bahan Bakar Gas..... 38

4.2.1 Perhitungan Volume Tangki Bahan Bakar CNG . 38

4.3. Perhitungan Dimensi Pipa..... 44

4.3.1 Menghitung Faktor Kompresibilitas 44

4.3.2 Menghitung Faktor Friksi..... 45

4.3.3 Menghitung Diameter Pipa 46

4.4. Perbandingan Biaya Bahan Bakar 50

4.4.1 Perhitungan Biaya Jika Menggunakan Konvensional 50

4.4.2 Perhitungan Biaya Jika Menggunakan CNG..... 53

4.5. Perhitungan Biaya Untuk Pipa..... 55

4.5.1 Biaya Pipa dan Komponen Pada Sistem CNG 55

4.5.2 Biaya Pipa dan Komponen Sistem Bahan Bakar Konvensional 59

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 65

5.1. Kesimpulan 65

5.2. Saran 67

DAFTAR PUSTAKA..... 69

LAMPIRAN

The background of the page is a repeating pattern of interlocking gears and lotus flowers. The gears are light blue and the lotus flowers are yellow. The pattern is arranged in a grid-like fashion, with the gears and lotus flowers overlapping each other.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

2.1 Mesin Penggerak	12
2.2 Compressed Natural Gas (CNG).....	13
2.3 Gas Valve Unit.....	21
3.1 Block Flow Diagram.....	31
4.1 Side view <i>Kapal Penyeberangan ro-ro 64,18 m.</i>	36
4.2 <i>Geladak navigasi dan atap geladak navigasi</i>	36
4.3 Geladak penumpang.....	36
4.4 Geladak Antara	37
4.5 Geladak Kendaraan.....	37
4.6 Alas/Dasar Ganda	37
4.7 CNG Pack	39
4.8 Fuel Storage Module.....	40
4.9 GVV.....	41
4.10 Sistem didalam GVV.....	42
4.11 Sistem Bahan Bakar CNG side view	43
4.12 Sistem Bahan CNG Top view (geladak kendaraan)..	43
4.13 sistem bahan bakar CNG top view (dasar ganda)	44
4.14 sistem bahan bakar konvensional side view.....	58
4.15 sistem bahan bakar konvensional top view.....	58



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

4.1. Diameter pipa sebelum GUV..... 49

4.2. Diameter Pipa setelah GUV..... 49



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor transportasi dengan lebih dari 1 miliar bahan bakar motor diseluruh dunia dioprasikan menggunakan minyak, bertambah dari 45,5% di 1973 ke 59% di 2011, sebagian besar dalam bentuk gasoline dan diesel. Semua mengetahui cadangan minyak akan habis dan dalam kondisi mengkhawatirkan. Pertambahan pembakaran bahan bakar konvensional dari sektor transportasi penyumbang terbesar polusi di atmosfer dan dapat mengancam kelangsungan hidup planet ini. Krisis energi dan seriusnya polusi lingkungan, diseluruh dunia mulai mencetuskan pengembangan untuk emisi rendah dan bahan bakar efisien pada kendaraan menjadi penelitian objektif. Berbagai alternatif bahan bakar diperkenalkan pada sektor transportasi seperti LPG, propane, bio-diesel, hydrogen, fuel cells. Dari bahan bakar alternatif yang ada ini compressed natural gas (CNG) adalah salah satu yang memenuhi seluruh kebutuhan negara diseluruh dunia, yang beralih ke bahan bakar alternatif. CNG menjadi pertimbangan salah satu solusi terbaik untuk pengganti bahan bakar fosil karena hasil

pembakarannya ramah lingkungan. Sekarang telah diakui diseluruh dunia sebagai bahan bakar ramah lingkungan. Berikut keunggulan CNG sebagai bahan bakar dibidang transportasi [1]:

1. Persediaan banyak
2. Ramah lingkungan
3. Biaya oprasional murah

Gas alam terkompresi (**Compressed natural gas, CNG**) adalah alternatif bahan bakar selain bensin atau solar. Di Indonesia, kita mengenal CNG sebagai bahan bakar gas (BBG). Bahan bakar ini dianggap lebih 'bersih' bila dibandingkan dengan dua bahan bakar minyak karena emisi gas buangnya yang ramah lingkungan. CNG dibuat dengan melakukan kompresi metana (CH_4) yang diekstrak dari gas alam. CNG disimpan dan didistribusikan dalam bejana tekan, biasanya berbentuk silinder[2].

Dengan semakin meningkatnya harga minyak dan kesadaran lingkungan, CNG saat ini mulai digunakan juga sebagai bahan bakar pada kendaraan penumpang dan truk barang berdaya ringan hingga menengah termasuk didunia perkapalan [3]. Sesungguhnya di Indonesia, CNG bukanlah

barang baru. Pencanaan untuk menggunakan CNG yang harganya lebih murah dan lebih bersih lingkungan dari pada bahan bakar minyak (BBM) [2].

Bahkan selain lebih bersih, energi yang dihasilkannya juga lebih besar, sehingga merupakan sumber energi alternatif masa depan, yang dapat berarti udara dan lingkungan yang lebih bersih untuk semua orang[4].

Sehingga dalam proses konversi mesin diesel menjadi mesin bahan bakar gas diperlukan perubahan sistem bahan bakar.

Latar belakang sejarah dari CNG

Penggunaan CNG sebagai bahan bakar kendaraan ditemukan kembali pada awal 1930 di Italia, tetapi retro pertama yang dialami setiap kegiatan yang cukup dimulai pada 1970-an, ketika gas alam disaksikan sebagai akibat bahan bakar yang menjanjikan dari krisis minyak. Ketika harga minyak naik selama 1970-an dan awal 1980-an, pasar untuk kendaraan CNG menjadi lebih menarik. Namun, periode berikutnya hingga 2000, telah membuat menantang bagi CNG untuk berjuang sebagai bahan bakar kendaraan.

Tapi setelah tahun 2000-an, harga minyak naik sekali lagi sangat tajam dan karena ini CNG kendaraan mendapat kesempatan untuk membuktikan diri sebagai yang murah dan bahan bakar terbersih. Sejak saat itu, kendaraan gas alam telah memasuki dan meninggalkan pasar transportasi dari beberapa negara / daerah pada waktu yang berbeda, dengan kemajuan teknologi. Origenes dari NGVs dengan dedicated CNG rute mesin ke Italia dengan kendaraan gas alam pertama menggunakan kontainer gas bertekanan diamati di Italia 1936 seperti yang ditunjukkan pada, tetapi periode menjanjikan pertama yang diamati setiap kegiatan yang cukup tanggal ke 1970, ketika CNG diakui sebagai bahan bakar murah dan stabil setelah krisis minyak [1].

CNG Sebagai Bahan Bakar

Gas alam yang digunakan dalam kendaraan gas alam adalah gas alam yang sama yang digunakan dalam sektor domestik untuk memasak dan memanaskan. CNG diproduksi oleh mengompresi gas alam konvensional (yang terutama terdiri dari metana - CH_4) kurang dari 1% dari volume menempati pada tekanan atmosfer standar. Disimpan dan didistribusikan dalam wadah kaku pada tekanan 200-248 bar

(2900-3600psi), biasanya dalam bentuk silinder silinder logam merupakan perbandingan antara sifat physiochemical CNG dengan yang diesel dan bensin [1].

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka didapatkan rumusan masalah bagaimana perencanaan sistem CNG sebagai bahan bakar utama pada kapal RO-RO 1000 GT dan seberapa ekonomis penggunaan CNG sebagai bahan bakarnya, untuk itu dilakukan studi pembandingan antara BBM komersil dan CNG.

1.3. BATASAN MASALAH

- Hanya membahas sistem gas ke mesin
- Hanya menghitung biaya pada pipa yang akan digunakan
- Kajian dilakukan di kapal RO-RO 10000 GT
- Hanya membahas design dari sistem berbahan bakar gas kapal

- Tidak membahas safety pada sistem bahan bakar tersebut

1.4 TUJUAN PENULISAN

Memberikan kajian secara teknis untuk sistem kapal berbahan bakar CNG sehingga nantinya dapat memberikan masukan alternatif untuk membuat kapal berbahan bakar CNG

1.5 MANFAAT TUGAS AKHIR

Manfaat penulisan ini antara lain

1. Meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi gas pada kapal
2. Sebagai studi dalam mendesign kapal dengan sistem berbahan bakar gas

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jenis NATURAL GAS VEHICLES

Dalam hal pasokan bahan bakar, ada tiga jenis NATURAL GAS VEHICLESs[1]:

- i. Khusus mesin CNG
- ii. Mesin dipasang minyak bi-fuel
- iii. Mesin diesel bahan bakar - ganda.

2.1.1 Khusus kendaraan CNG

Kendaraan CNG didedikasikan memiliki mesin Spark Ignition yang dioperasikan hanya pada gas alam. Rasio kompresi mesin ini dioptimalkan untuk memanfaatkan keuntungan dari angka oktan tinggi gas alam dan dirancang menjaga sifat pembakaran gas alam, sehingga kendaraan menghasilkan sangat kurang emisi polutan[1].

2.1.2. Bi – fuel

Kendaraan bi-bahan bakar dapat berjalan di kedua gas alam atau minyak. Jenis mesin yang mereka gunakan adalah mesin minyak Comprese Ignition biasa. Pengemudi dapat memilih apa bahan bakar untuk membakar dengan hanya membalik sebuah tombol di dashboard. Setiap kendaraan minyak yang ada dapat dikonversi ke kendaraan bi-fuel. Sebagian besar kendaraan CNG dioperasikan saat ini dipasang dari mesin minyak. Di Pakistan, largestconsumer 2 dari CNG hampir seluruh armada NATURAL GAS VEHICLES datang di bawah kendaraan bi-fuel kategori[1].

Sifat pembakaran gas alam secara signifikan berbeda dari biasa bahan bakar yaitu diesel dan minyak. Dibandingkan dengan diesel dan minyak CNG memiliki lagi pengapian penundaan waktu karena kecepatan rambat api rendah. Sehingga menggunakan minyak yang sama berbahan bakar mesin untuk CNG, durasi pembakaran menjadi relatif lebih lama dan membutuhkan waktu spark lebih maju. Oleh karena itu, perkuatan diperlukan untuk con konvensional berbahan bakar minyak mesin untuk menjalankan dengan CNG. Mesin bi-

fuel umumnya dioptimalkan untuk gas alam, dengan waktu pengapian lebih maju untuk mengakomodasi tingkat pembakaran lebih lambat dari metana. Menggambarkan skema konvensional dipasang bi-bahan bakar CNG kendaraan[1].

2.1.3 Kendaraan dual-fuel

Kendaraan dual-fuel didasarkan pada teknologi mesin CI. Mereka berjalan baik pada diesel saja atau memanfaatkan campuran gas alam dan solar, dengan gas / campuran udara alami dinyalakan oleh diesel "pilot". Selama kondisi idle mesin ini cenderung untuk beroperasi hanya pada diesel. Sebagai kendaraan mulai memilih beban, gas alam pengganti bahan bakar diesel hingga 60-90%. Namun, seperti kendaraan bi-fuel konversi langsung tidak mungkin karena cetane number yang sangat rendah dari gas alam sebagai akibat dari sangat tinggi suhu pengapian auto yang memerlukan baik konversi untuk memicu pengapian atau adopsi dari sistem bahan bakar ganda. Karena suhu pengapian tinggi gas alam, perlu rasio kompresi sangat tinggi untuk auto

ignition yaitu sekitar 38: 1. Karena ini, itu harus dinyalakan dengan bahan bakar lain (diesel) pilot injeksi. Bahan bakar diesel diperkenalkan langsung ke ruang bakar, sedangkan gas diinjeksikan ke intake udara oleh pengabutan. Bahan bakar gas ini kemudian dikompresi dalam siklus langkah Kompresi mesin. Solar kemudian disuntikkan dekat akhir kompresi stroke. Dengan penundaan pengapian singkat pembakaran bahan bakar diesel yang terjadi pertama, sehingga pengapian gas alam dan dorongan propagasi flame. Salah satu faktor penting untuk operasi dual fuel adalah tingkat penggantian, yang didefinisikan sebagai bagian dari kandungan energi dari bahan bakar yang dipasok oleh gas alam. Tingkat penggantian bervariasi tergantung pada beban mesin. Tingkat penggantian maksimum hingga 90% dapat diperoleh dengan mesin dual-fuel yang tersedia saat ini. Tingkat substitusi mempengaruhi kinerja mesin dan emisi. Egúsqiza dkk. Menemukan bahwa rem spesifik konsumsi bahan bakar η_c meningkat sebagai

persentase substitusi meningkat. Mereka juga mengamati bahwa pada beban yang lebih tinggi dan dengan meningkatnya rasio substitusi, konsentrasi hidrokarbon menunjukkan kecenderungan meningkat sedangkan konsentrasi CO pertama meningkat upto tingkat substitusi 70% dan kemudian menurun. NO_x adalah satu-satunya faktor emisi yang menunjukkan tren dengan kenaikan ing berkoresponden rasio substitusimenurun[1].

Kendaraan dual-bahan bakar memberikan 30-40% lebih tinggi mesin efisiensi yang kemudian mengurangi konsumsi bahan bakar sebesar 25%.

Dalam kedua kasus, ada biaya relatif tambahan untuk diesel dan minyak kendaraan konvensional dan biaya tambahan ini akan diganti dengan penghematan biaya operasi karena biaya bahan bakar[1].

2.2. Motor Penggerak

Motor penggerak adalah mesin yang menjadi sumber penggerak utama dari sistem pendorong kapal. Mesin penggerak kapal yang digunakan dalam propulsi kapal, umumnya adalah reciprocating dikenal dengan nama diesel engine. Saat ini berbagai ukuran diesel engine telah dibuat mulai dari boat hingga supertanker dan passenger liners. Sekarang power engine dapat dikembangkan hingga bisa memberikan lebih dari 2500 kW per cylinder, maka output power bisa mencapai 30000 kW untuk 12 cylinder[5].



Gambar 2. 1 Mesin penggerak

2.3 Gas Alam

Gas alam atau yang sering disebut dengan gas bumi adalah bahan atau materi yang terdiri dari fosil-fosil dan terbentuk dalam wujud gas, gas alam sebagian besar

terbentuk dari metana. Gas alam dapat ditemukan di pertambangan minyak bumi, tambang batubara, dan diladang minyak bumi.

2.4 Compressed natural Gas



Gambar 2. 2 Compressed Natural Gas (CNG)

CNG adalah alternatif bahan bakar selain bensin dan solar yang dikompresi pada tekanan 2000 – 3000 psi (130 – 200 atm) dan terkadang didinginkan ke temperatur yang lebih rendah (sampai dengan -40°C). Komponen utama dari fasilitas CNG adalah kompresor

yang berguna untuk menekan natural gas ke tekanan yang diinginkan.

Teknologi CNG sebenarnya cukup sederhana dan dapat diaplikasikan secara komersial. Untuk transportasi gas di darat sudah dipergunakan teknologi pada beberapa aplikasi, termasuk taksi, bis umum dll.

CNG merupakan alternatif yang baik apabila jarak yang ditempuh untuk transportasi gas kurang dari 2000 km (1200 mil). Hal ini menjadikan sangat cocok apabila untuk menggunakan CNG sebagai sarana pengangkut gas dikarenakan bentuk Negara Indonesia yang merupakan kepulauan.
Error! Reference source not found.

2.5 Aspek teknis mesin CNG

Thermal efisiensi mesin adalah fungsi dari berbagai parameter tapi mungkin yang paling penting adalah rasio kompresi mesin. Tinggi rasio kompresi yang lebih tinggi akan teoritis dan juga sebenarnya efisiensi. Angka oktan gas alam berkisar 120-130, yang berarti bahwa mesin bisa berfungsi pada rasio kompresi hingga 16: 1, tanpa mengetuk. Nilai oktan tinggi yang

memungkinkan mesin khusus CNG menggunakan rasio kompresi yang lebih tinggi untuk meningkatkan mesin thermal efisiensi sekitar 10% di atas dibandingkan dengan mesin minyak. Oleh karena itu, mesin khusus CNG mungkin memiliki efisiensi hingga 35% berbeda dengan 25% untuk itu dari mesin minyak. Kebetulan mesin minyak fit retro tidak akan memiliki keuntungan dari nilai oktan tinggi CNG sebagai rasio kompresi akan diatur ke tingkat yang diperlukan untuk minyak. The diuntungkan dari fi ef tinggi efisiensi yang dikutip di atas dapat dicapai dalam khusus mesin CNG

Reference source not found.. Berikut ini adalah atribut utama terhubung dengan mesin CNG:

2.5.1 Keuntungan pencampuran

Massa molar minyak (114,23 g / mol) jauh lebih tinggi dari gas alam (16 g / mol). Menjadi bahan bakar ringan, gas alam dapat menghasilkan banyak homogen baik campuran udara-bahan bakar. Di sisi lain, bahan bakar cair membutuhkan waktu untuk atomisasi lengkap dan penguapan untuk membentuk campuran udara-bahan bakar homogen. CNG menjadi bahan

bakar gas pada kondisi atmosfer normal memiliki keuntungan yang melekat dari tingkat tinggi miscibility dan difusi dengan udara gas, yang penting untuk pembakaran yang baik[1].

2.5.2 Keuntungan pemeliharaan

NATURAL GAS VEHICLES memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dibandingkan dengan konvensional nasional didorong kendaraan. Chandler et al. dilakukan analisis perbandingan 12 bulan antara CNG dan diesel bus transit dioperasikan oleh wilayah metropolitan otoritas angkutan Washington. Mereka menemukan bahwa biaya pemeliharaan bus CNG bertenaga adalah 12% lebih rendah dari solar berbahan bakar bus. CNG tidak mencemari atau oli mesin, yang kemudian meningkatkan masa manfaat pelumas encer. CNG datang ke mesin dalam bentuk gas, tidak seperti minyak yang masuk mesin sebagai semprot atau kabut dan mencuci turun minyak pelumas dari wilayah cincin piston yang kemudian meningkatkan keausan mesin. Oleh karena itu, CNG memotong biaya perawatan dan memperpanjang masa manfaat mesin.

Tapi dibandingkan dengan mesin diesel dan minyak, mesin CNG membutuhkan minyak abu sulfat rendah. Sulfat ash adalah istic karakter-minyak mesin gas alam yang memberikan indikasi kemampuan minyak untuk menetralsir asam dari proses pembakaran. Karena sifat gas-nya, CNG kering dan memberikan benar-benar tidak ada nilai pelumas conduce untuk deposito abu sulfat pada katup exhaust yang mengandung sulfat logam, termasuk barium, kalsium, magnesium, seng, kalium, natrium dan timah. Jumlah besar sisa ini dapat mengakibatkan berkurangnya perpindahan panas, ledakan, pembakaran katup dan ring sticking atau melanggar. Tidak adanya konsentrasi timbal dalam CNG kontribusi untuk menghindari pengotoran memimpin busi, sehingga memperpanjang kehidupan ring piston dan busi. Interval antara tune-up untuk kendaraan gas alam diperpanjang upto 30.000 km. Demikian pula interval antara perubahan minyak untuk kendaraan gas alam dapat diperpanjang dari 5000 sampai 10.000 km tambahan tergantung pada bagaimana kendaraan tersebut digunakan[1].

2.6 CNG Marine

Walaupun CNG telah dipergunakan secara luas pada transportasi di darat (Bis, angkot, taksi, kendaraan pribadi, dll), namun sampai saat ini CNG belum dipergunakan untuk transportasi Natural Gas di laut.

Ada tiga penyebab CNG tidak dipergunakan. Pertama, investasi selama ini hanya berfokus pada LNG yang didesain untuk jarak transportasi yang jauh. Kedua, CNG mengambil sebagian pasar dari LNG sehingga pengembangan CNG dirasa tidak diperlukan. Ketiga, desain kapal CNG yang efisien dan memiliki harga yang murah baru muncul beberapa tahun belakangan ini sehingga masih butuh kajian lebih lanjut.

Semenjak tahun 1969 telah dilakukan pengembangan dari kapal yang berbahan bakar CNG, namun karena pertimbangan ekonomis yang disebabkan harga gas yang sangat murah, pengembangan tersebut dinilai tidak ekonomis. Namun beberapa waktu terakhir ini, perkembangan dari beberapa bentuk penampung CNG pada kapal berbahan bakar CNG menjadikan adanya

harapan untuk membuat CNG sebagai alternatif yang ekonomis[6].

2.7 Gas Valve Unit

Sebelum gas disuplai ke mesin, gas melewati Gas Valve Unit (GVU). GVU terdiri gas pressure control rangkaian block dan bleed valve untuk memastikan gas dapat dioperasikan dengan aman.

Unit termasuk manual shut-off valve, inerting connection, filter, fuel gas pressure control valve, shut-off valve, ventilating valve, pressure transmitters/gauges, gas temperature transmitter dan control cabinets.

Filter adalah alat yang digunakan untuk mencegah kotoran dari sistem bahan bakar masuk ke mesin. Kehalusan filter adalah 5 μm ukuran mutlak. Penurunan tekanan pada filter dipantau dan alarm diaktifkan bila penurunan tekanan diatas nilai yang diizinkan karena filter kotor.

Pressure control valve bahan bakar gas menyesuaikan tekanan umpan gas ke mesin sesuai beban mesin. Pressure kontrol valve dikontrol oleh sistem kontrol mesin. Sistem dirancang untuk mendapatkan

tekanan bahan bakar gas disepanjang pipa ke mesin setiap waktu.

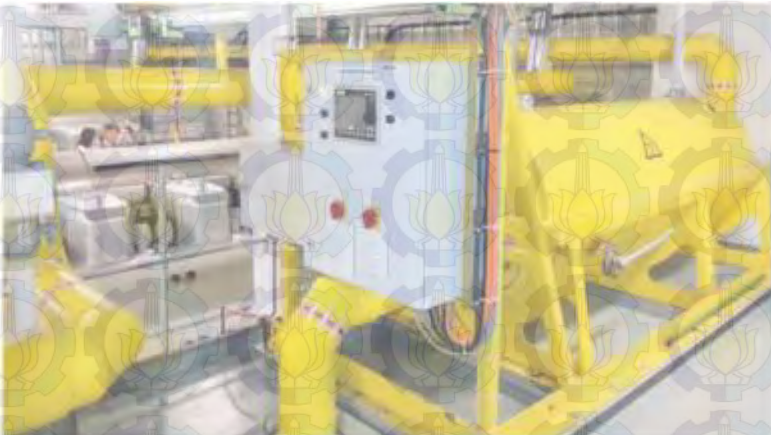
Bacaan dari sensor pada GUV serta pembukaan dan penutupan valve pada GUV yang secara elektronik atau electro-pneumatik dikendalikan oleh sistem kontrol GUV. Semua bacaan dari sensor dan status valve dapat dibaca dari Local Display Unit (LDU). LDU dipasang pada kabin control dari GUV.

Dua shut-off valve bersama-sama dengan gas ventilasi valve (antara shut-off valve) fungsi bentuk double block and bleed. Fungsi Block valve di double block and bleed secara efektif menutup pasokan gas ke mesin berdasarkan permintaan. Dalam Operasi solenoid venting valve di double block and bleed berfungsi untuk membebaskan tekanan yang terjebak antara block valve setelah menutup block valve. Block valve V03 dan V05 dan inert gas valve V07 dioperasikan saat gagal untuk menutup, valve tersebut akan menutup saat terjadi kegagalan. Venting valve V02 dan V04 saat gagal terbuka, valve tersebut akan terbuka saat terjadi kegagalan. Ada koneksi untuk inert pipa bahan bakar gas dengan nitrogen. Inert dari pipa bahan bakar gas

sebelum double block dan bleed valve di GUV dilakukan dari sistem penyimpanan gas. Gas ditiup kehilir pipa bahan bakar gas dan keluar melalui venting valve V02 pada GUV ketika inert dari sistem penyimpanan gas.

Satu GUV diperlukan untuk setiap mesin. GUV harus berada dekat dengan mesin untuk memastikan respon terhadap koandisi transien. Panjang maksimal pipa bahan bakar gas antara GUV dan inlet mesin gas adalah 10 m.

Gas inert dan udara terkompresi yang menjadi kering dan basah. Tekanan gas inert max 1,5 Mpa (15 bar).



Gambar 2. 3 Gas Valve Unit (GVU)

2.7.1 Faktor keamanan

Fungsi utama GVU adalah untuk mengatur tekanan gas yang dikonsumsi mesin, dan untuk memastikan menutup pasokan gas dengan cepat. Yang terakhir persyaratan yang ditentukan dalam pedoman interim keselamatan untuk bahan bakar gas alam instalasi mesin dikapal (kode IGF), yang menyatakan bahwa setiap item peralatan yang mengkonsumsi gas harus disediakan satu set Double block and bleed valve. Double block and bleed valve terdiri dari dua valve penutup cepat dan ventilasi valve antara valve penutup cepat. Double block valve menyediakan reduksi penuh seperti yang dipasang seri. Selain itu pneumatik valve digerakkan akan menutup baik dalam hilangnya daya atau pasokan udara. Ventilasi valve akan terus terbuka ketika block valve ditutup.

2.7.2 Pressure Control

Untuk setiap mesin, tekanan pasokan gas harus disesuaikan tergantung beban berbagai tekanan.

Penyesuaian dilakukan dengan cara control

pressure valve yang terletak 10 m dari mesin.

Volume gas yang lebih kecil antara katup kontrol tekanan dan mesin meningkatkan waktu respon dari sistem selama kondisi transien, seperti fluktuasi beban mesin.

2.8. Perhitungan Untuk Pipa

2.8.1 Faktor kompresibilitas (*Compresibilitas factor*)

Faktor kompresibilitas (*Compresibilitas factor*) adalah suatu ukuran kemiripan (kedekatan) antara kondisi gas nyata (real gas) dengan kondisi ideal.

Faktor kompresibilitas (Z) bernilai maksimal 1.

Suatu nilai yang tidak bergantung pada parameter kuantitas gas, melainkan tergantung pada parameter gravity (G), temperatur dan tekanan gas.

Tersedia suatu grafik yang menggambarkan variasi nilai Z terhadap temperatur dan tekanan.

Nilai Z dapat pula dihitung dengan menggunakan beberapa metode diantaranya metode California

Natural Gas Association (CNGA) metode ini

merupakan metode yang paling mudah untuk faktor kompresibilitas dari nilai gravity gas, temperatur, dan tekanan.

$$Z = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{P_{avg} 344400 (10)^{1,785G}}{T_f^{3,825}} \right) \right]} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : P_{avg} = Tekanan gas rata – rata, psig

T_f = Temperatur gas rata – rata. °R

G = grafitasi gas (udara = 1)

Formula ini untuk tekanan gas rata – $P_{avg} > 100$ psia, dimana $P_{avg} \leq 100$ kita dapat mengasumsikan bahwa $Z = 1$.

2.8.2. Faktor Friksi

Tahapan dari suatu fluida yang bersinggungan antara fluida dan penampangnya (pipa) dikenal dengan istilah faktor friksi. Dalam mekanika fluida, terhadap dua jenis faktor friksi yaitu *Fanning friction factor* dan *Darcy Weisbach factor*, atau bisa disebut Moody friction factor. Kedua faktor tersebut memiliki hubungan,

dimana *Darcy factor* memiliki nilai empat kali lebih besar dibandingkan *Fanning factor*. Pada umumnya *Fanning factor* digunakan dibidang kimia, sedangkan *Darcy factor* digunakan dalam bidang engineering sipil dan mekanikal. Untuk aliran laminar dengan $Re < 2000$, Faktor friksi dapat dihitung:

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(2)$$

Faktor friksi untuk laminar hanya tergantung pada bilangan Reynolds, sedangkan untuk aliran turbulen selain bilang Reynolds > 4000 , perlu juga memperhitungkan besar diameter dan kekasaran permukaan pipa. Unaliran turbulen, faktor dapat dihitung dengan menggunakan 2 persamaan yaitu Colebrook – White equation atau AGA equation.

Modified Colebrook – White equation

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e}{3,7d} + \frac{2,825}{Re\sqrt{f}} \right) \dots\dots\dots(3)$$

$$F = -4 \log_{10} \left(\frac{e}{3,7d} + \frac{1,4125F}{Re} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana

$$F = \frac{2}{\sqrt{f}} \dots\dots\dots (5)$$

American Gas Association (AGA)

Untuk aliran turbulen penuh :

$$F = 4 \log_{10} \left(\frac{3,7D}{\varepsilon} \right) \dots\dots\dots (6)$$

Untuk aliran Transisi laminar ke turbulen :

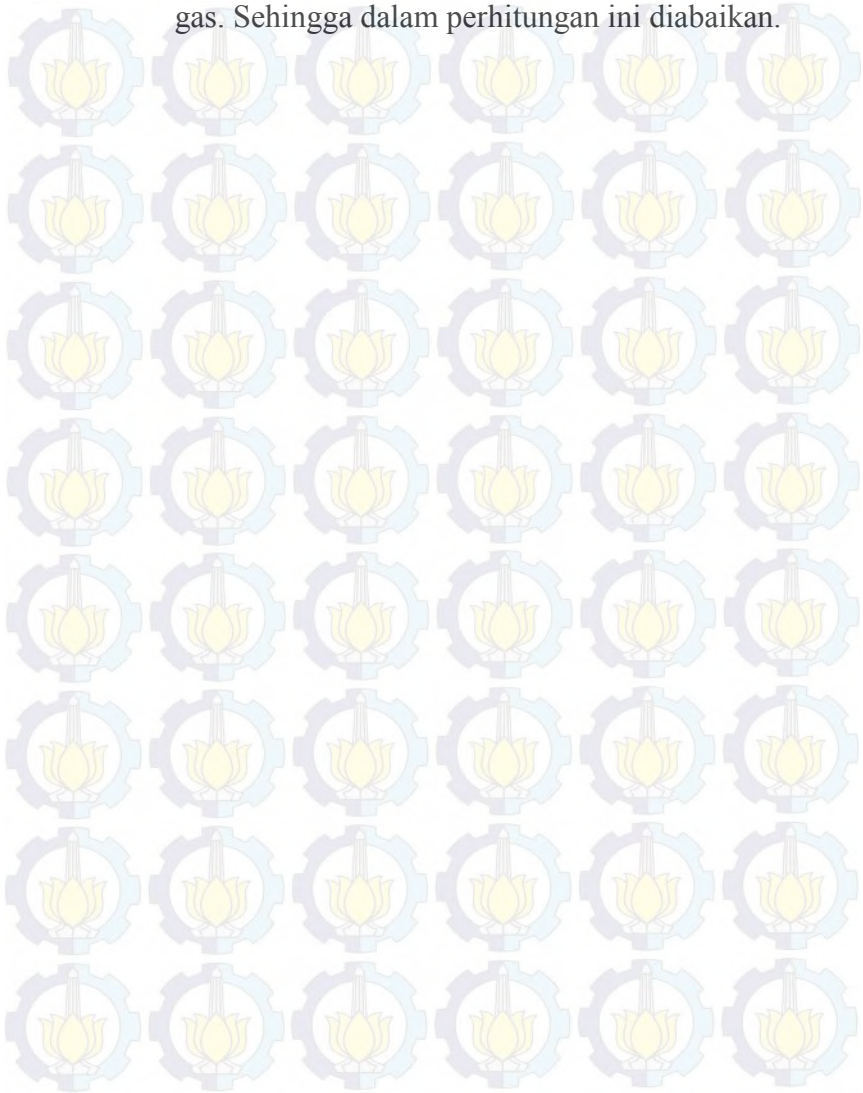
$$F = 4 \log_{10} \left(\frac{Re}{1,4125F_t} \right) \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

$$F_t = 4 \log_{10} \left(\frac{Re}{F_t} \right) - 0,6 \dots\dots\dots (8)$$

Sistem perpipaan tidak hanya terdiri dengan pipa, namun terdapat juga macam – macam komponen seperti fitting. Fitting seperti adanya elbow, valve dan lain – lain pada jalur pipa perlu diperhatikan karena adanya komponen – komponen tersebut akan menyebabkan kehilangan energi akibat adanya friksi (fitting losses) bertambah besar, namun bernilai sangat kecil karena komponen

tersebut sangat sedikit dalam sistem bahan bakar gas. Sehingga dalam perhitungan ini diabaikan.



2.8.3. Dimensi Pipa

Persamaan aliran umum disebut juga sebagai persamaan aliran dasar, yang berhubungan dengan laju aliran, properti gas, ukuran pipa, temperatur aliran, tekanan aliran dari *up stream* hingga *down stream*, kekasaran dalam pipa yang digunakan untuk menghitung faktor friksi maupun faktor transmisi, maupun ukuran diameter dari suatu jaringan pipa yang sangat menentukan nilai jatuh tekanan (*pressure drop*) dari suatu aliran fluida.

$$Q = 77,54E \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G T_f L_e Z f} \right)^{0,5} D^{2,5} \dots\dots(9)$$

Panjang saluran yang dipengaruhi oleh beda ketinggian pipa akan mempengaruhi persamaan aliran umum diatas. Pengaruh beda ketinggian antara *up stream* dan *down stream* dari setiap ruas pipa diperhitungkan dengan memodifikasi panjang pipa untuk setiap ruas dalam rentang $P_1^2 - P_2^2$. Ketinggian dari *upstream* adalah H_1 dan *down stream* adalah H_2 , panjang ruas pipa L diganti panjang ekivalen (L_e), seperti persamaan berikut:

$$L_e = \frac{L(e^s - 1)}{s} \dots\dots\dots(10)$$

Persamaan ini hanya berlaku jika satu bagian lengkungan (beda ketinggian) antara *up stream* dan *down stream*.

Faktor koreksi terhadap ketinggian nondimensional (s) bergantung pada beda ketinggian $H_2 - H_1$ dapat dihitung dengan rumus :

$$s = 0,00375G \left(\frac{\Delta H}{T_f Z} \right) \dots\dots\dots(11)$$

Setelah memperhitungkan koreksi dari ketinggian, persamaan aliran umum dapat dibentuk untuk memperoleh besar diameter jaringan pipa didasarkan pada kapasitas aliran (debit) yang diharapkan tersedia sewaktu umur operasi jaringan pipa tersebut, melalui persamaan dibawah ini:

$$D = \left(\frac{Q}{77,54E \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{GT_f L_s Z f} \right)^{0,5}} \right)^{\frac{1}{2,5}} \dots\dots\dots(12)$$

2.9. Ekonomi Teknis

Definisi dari kata ekonomi teknik itu sendiri.

Beberapa literatur mengatakan bahwa :

- Ekonomi teknik merupakan bagian dari ilmu ekonomi yang digunakan pada proyek – proyek teknik
- Ekonomi teknik merupakan penentuan faktor – faktor dan kriteria ekonomi yang digunakan ketika satu atau lebih alternatif dipertimbangkan untuk dipilih dalam menyelesaikan suatu masalah dibidang teknik

2.9.1. Analisa Ekonomi Teknik

Adalah proses pemeriksaan statistik dan indikator pasar untuk menentukan kemungkinan rencana untuk alokasi sumber daya. Aspek ekonomis yang bersngkut paut dengan analisa ini antara lain :

- Biaya investasi
- Biaya oprasional
- Tujuan atau prakiraandalam waktu dekat
- Dll

2.9.2. Kriteria ekonomi

Merupakan kriteria yang digunakan oleh seorang engineer dalam hal antara lain :

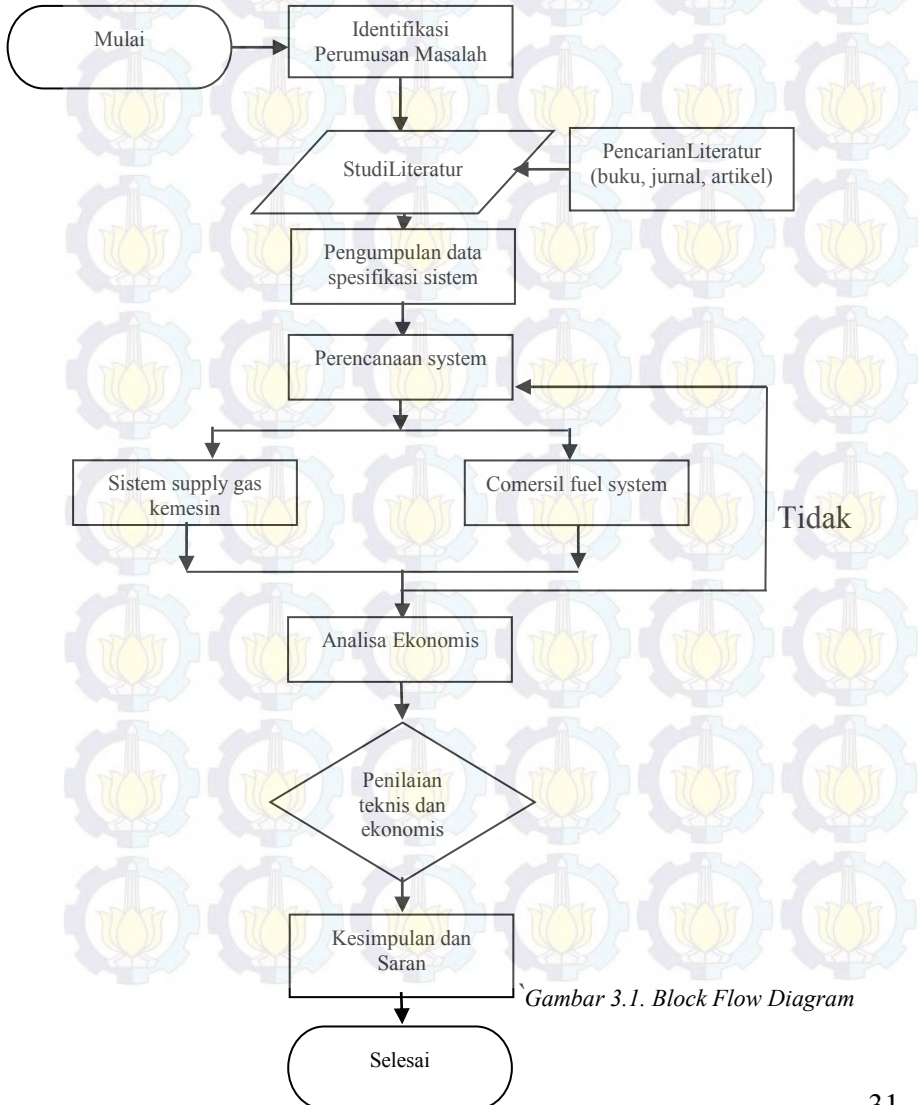
- Menentukan keuntungan dan kerugian terhadap modifikasi yang dilakukan pada sistem permesinan yang sudah ada yang berkaitan untuk mengurangi biaya pengeluaran, khususnya jika modifikasi ada kaitanya dengan enegy saving
- Melakukan perhitungan kelayakan investasi dalam pemilihan sistem bahan bakar.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1. Block Flow Diagram

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari tentang teori-teori dasar permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Dengan tujuan untuk mendapatkan pengetahuan dasar dan data dari penelitianpenelitian sebelumnya yang dapat digunakan sebagai acuan penelitian selanjutnya. Pada tahap ini dilakukan study terhadap referensi-referensi yang terdapat pada jurnal skripsi, internet, interview, job report, dan lain-lain. Informasi yang dibutuhkan pada tahap ini adalah data data yang dibutuhkan untuk menunjang dalam penulisan proposal ini yaitu data primer dan data skunder. Data primer berasal dari job report yaitu data real perusahaan yang didapat pada waktu kerja praktek. Sedangkan data skunder berasal dari buku, internet, interview, dan lainlain.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data terkait dengan data-data pendukung seperti, gambar sistem mesin bakar diesel fuel gas, yang tersedia di pasaran.

3.4 Perancangan sistem

Tahap Perancangan sistem ini untuk membuat design sistem bahan bakar CNC dan perhitungan secara ekonomi dari sistem tersebut

3.5 Analisa

- Analisa Ekonomis

Setelah mendesign sistem tersebut, langkah selanjutnya adalah analisa ekonomis. Analisa ekonomis digunakan untuk menentukan berapa besar biaya yang dibutuhkan dalam sistem berbahan bakar gas ini.

- Penilaian Teknis

Dari data-data yang sudah dikerjakan, maka langkah terakhir adalah penilaian teknis dan ekonomis.

Mengambil kesimpulan dari pengolahan data guna mendapatkan hasil desain sistem bahan bakar yang sesuai dengan regulasi kelas.



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini diuraikan tentang perhitungan Diameter pipa, biaya bahan bakar, biaya Pipa dan komponen.

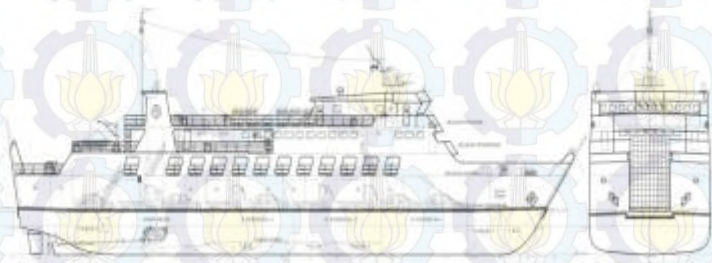
4.1 Data Kapal

Data kapal yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah kapal penyeberangan Ro-ro 1000 GT. Data kapal tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk disain sistem bahan bakar CNG dengan sistem bahan bakar konvensional. Gambar kapal yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.1 sampai 4.6 dengan data kapal sebagai berikut :

Prinsipal Dimension :

- Length Over All (LOA) : 64,18 meter
- Length Water Line (LWL) : 55,00 meter
- Length of Perpendicular (LPP) : 55,00 meter
- Breadth (B) : 13,20 meter
- Height (mid) to main deck (H) : 3,90 meter
- Draft (T) : 2,50 meter

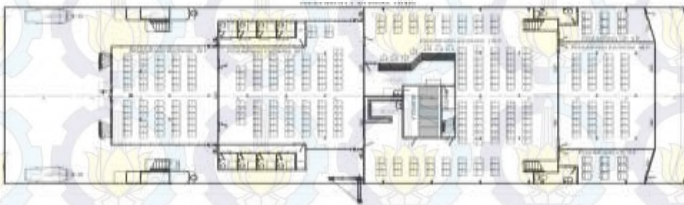
- Speed (Vs) : 15,00 knot
- Ship Crews : 24 orang
- Jumlah Penumpang : 329 orang
- Motor Induk HP : 2 x 1100



Gambar 4.1. Side view Kapal Penyeberangan ro-ro 64,18 m.



Gambar 4.2. Geladak navigasi dan atap geladak navigasi



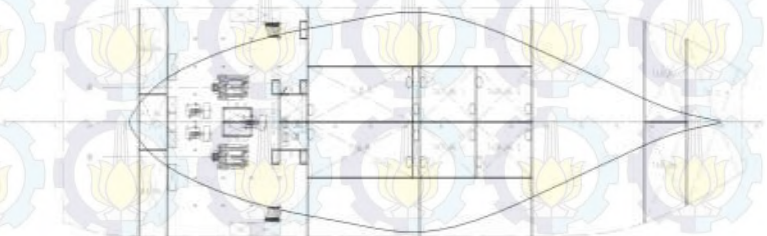
Gambar 4.3. Geladak penumpang



Gambar 4.4. Geladak Antara



Gambar 4.5. Geladak Kendaraan



Gambar 4.6. Alas / Dasar Ganda

4.2. Perencanaan Sistem Bahan Bakar Gas

4.2.1. Perhitungan volume Tangki Bahan Bakar CNG

Untuk menghitung volume bahan bakar dibutuhkan spesifikasi dari mesin induk dan endurance pelayaran kapal. Volume tangki bahan bakar CNG dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{VFG} = \text{BHP}_{\text{mcr}} \times \text{SFGC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton})$$

Dimana:

BHP_{mcr} = BHP of main engine (from engine catalog) kW

SFGC = Main engine specific fuel oil consumption (g/kWh)

S = ship route (mil)

V_s = Service Velocity

C = Multiple factor of fuel gas (1,3 – 1,5)

Jadi :

BHP_{mcr} : 876

SFGC : 9722

S : 50

V_s : 15

Endurance:

Multiple factor for fuel gas =

KW

Kj/ kW.hr

nautical mile

knot

days

=

=

=

1,3 - 1,5

0,311104 m³/kwh

4 hours

taken = 1,5

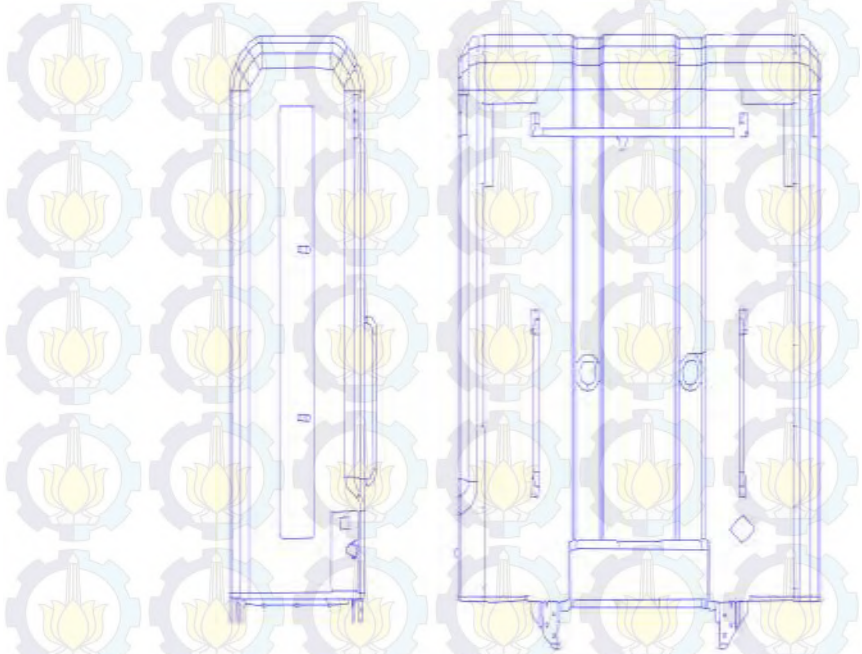
$$\text{VFG} = \text{BHP}_{\text{mcr}} \times \text{SFGC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton})$$

$$= 876 \times 217,77 \times 4 \times 1,5$$

$$= 1635,16$$

m³

Tangki yang digunakan 2 pack.



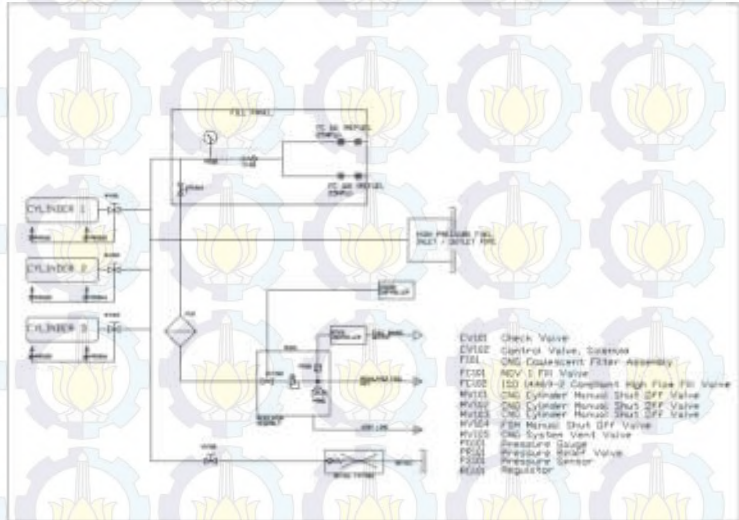
Gambar 4.7. CNG pack

Setelah menentukan tangki penyimpanan fuel gas, langkah selanjutnya adalah pemilihan tool atau pelatan pendukung.

Peralatan selanjutnya yang harus disediakan adalah pressure regulator. Pressure regulator digunakan untuk mengurangi atau mengatur tekanan agar sesuai.

Setelah spesifikasi peralatan sudah terpenuhi, selanjutnya adalah perencanaan sistem pada

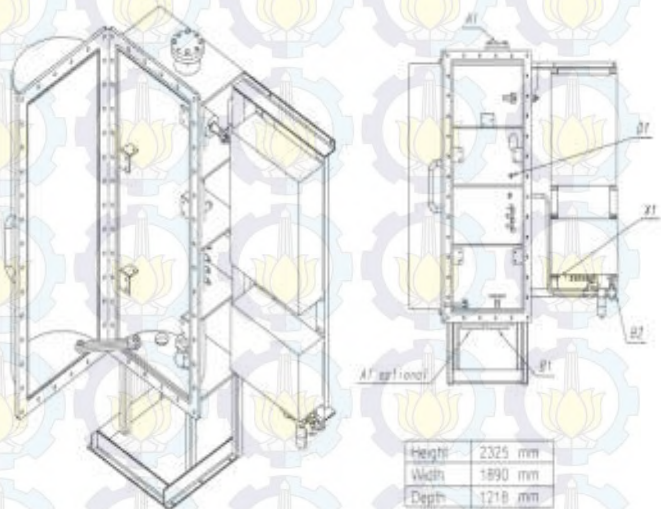
tangki penyimpanan tersebut. Perencanaan ini berdasarkan dari fuel storage module itu sendiri.



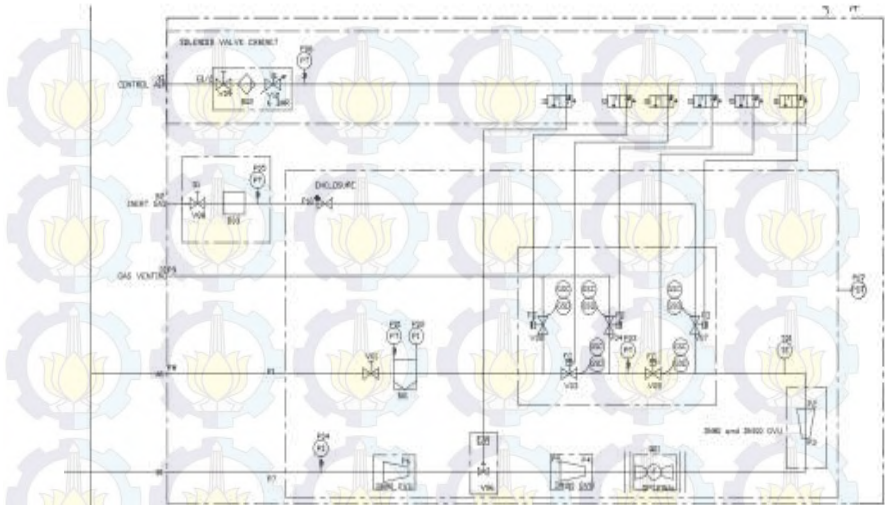
Gambar 4.8. Fuel Storage Module

Setelah menentukan sistem dari fuel storage module, langkah selanjutnya menentukan komponen atau item dalam merancang sistem bahan bakar gas ke mesin induk, dalam pengoperasiannya sistem bahan bakar CNG harus menggunakan Gas Valve Unit (GVU). GVU terdiri atas gas pressure control dan rangkaian block dan bleed valve untuk dapat memastikan gas dapat

dioperasikan dengan aman. Dan sementara ini yang memproduksi GVV adalah wartsila.

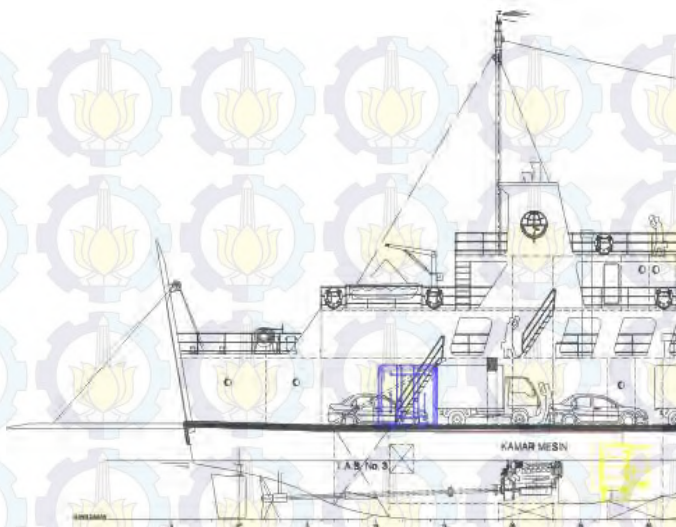


Gambar 4.9. Gas Valve Unit

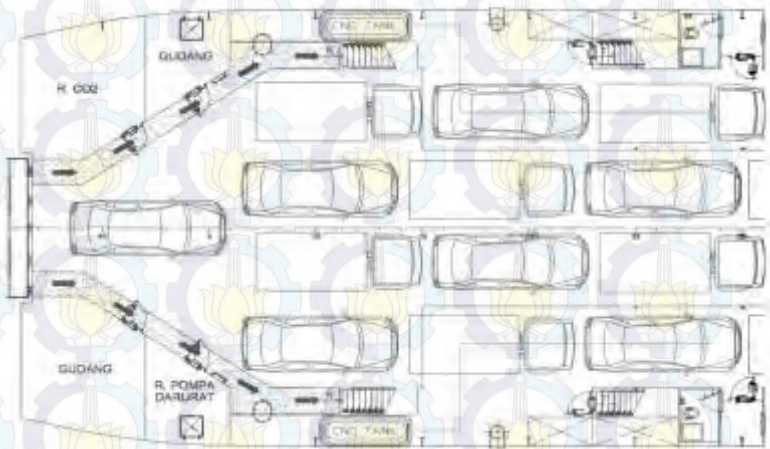


Gambar 4.10. sistim didalam GUV

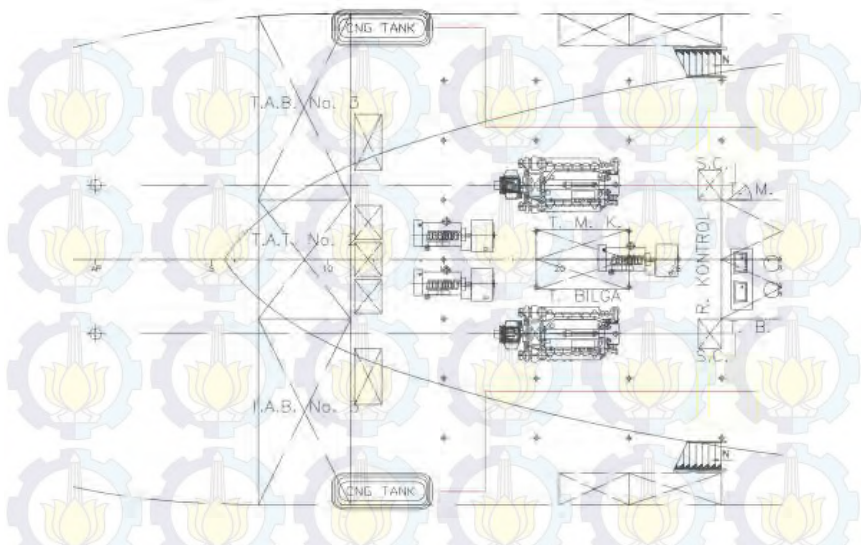
Setelah semua komponen sudah ditentukan maka langkah selanjutnya adalah perancangan sistem bahan bakar. Pada gambar dapat dilihat bahwa bahan bakar CNG dari tangki selanjutnya dialirkan menuju mesin induk tetapi melewati terlebih dahulu pressure regulator dan Gas Valve Unit (GVU) yang digunakan mengatur tekanan dan sehingga dapat dioperasikan dengan aman sesuai regulasi. Tekanan tangki CNG sendiri sekitar 200 bar, sedangkan tekanan bahan bakar waktu masuk mesin induk sekitar 16 – 20 bar.



Gambar 4.11. sistim bahan bakar CNG side view



Gambar 4.12. sistim bahan bakar CNG Top view (geladak kendaraan)



Gambar 4.13. sistim bahan bakar CNG Top view (dasar ganda)

4.3. Perhitungan dimensi pipa

4.3.1. Menghitung Faktor kompresibilitas

Faktor kompresibilitas (Z) berguna untuk mengetahui ukuran kemiripan(kedekatan) antara kondisi gas nyata (real gas) dengan kondisi ideal.

Nilai Z dapat pula dihitung dengan menggunakan beberapa metode diantaranya metode California Natural Gas Association (CNGA) metode ini merupakan metode yang paling mudah untuk faktor kompresibilitas dari nilai gravity gas, temperatur, dan tekanan.

$$Z = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{P_{avg} 344400 (10)^{1,785G}}{T_f^{3,825}} \right) \right]}$$

Tetapi sebelum itu kita harus menghitung tekanan gas rata – rata (P_{avg}) dengan menggunakan persamaan:

$$P_{Avg} = \frac{2}{3} \left(P_1 + P_2 - \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} \right)$$

Dari persamaan tersebut didapat (P_{avg})
=3575,06psia

Dari hasil tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai Z. Sehingga diperoleh nilai
 $Z = 0,000786705$

4.3.2. Menghitung Faktor Friksi

Faktor friksi merupakan fungsi kekerasan relatif dari dinding pipa bagian dalam, yang tergantung dari jenis bahan pipa yang digunakan, serta merupakan fungsi turbulensi aliran yang dinyatakan sebagai bilangan reynold. Jadi Sebelum menghitung faktor friksi terlebih dahulu mengitung reynold number (Re) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Re = 0.0004778 \frac{P_b G Q}{T_b \mu D}$$

Dari persamaan tersebut didapat nilai $Re = 4,73 \times 10^6$ dari hasil tersebut dapat digunakan untuk menghitung faktor friksi dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e}{3,7d} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

sehingga diperoleh faktor friksi (f) = 0,015333

setelah itu menghitung nilai s dengan rumus sebagai berikut:

$$s = 0,00375G \left(\frac{\Delta H}{T_f Z} \right)$$

Dan nilai s didapat 0,409

4.3.3. Menghitung diameter pipa

Setelah diperoleh hasil dari perhitungan diatas maka selajutnya menghitung diameter pipa saluran gas yang berhubungan dengan laju aliran, properti gas, ukuran pipa, temperatur aliran, tekanan aliran dari *up stream* hingga *down stream*, kekasaran dalam pipa yang digunakan

untuk menghitung faktor friksi maupun faktor transmisi, maupun ukuran diameter dari suatu jaringan pipa yang sangat menentukan nilai jatuh tekanan (*pressure drop*) dari suatu aliaran fluida. Dan diameter pipa dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \left(\frac{Q}{77,54E \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G T_f L Z_f} \right)^{0,5}} \right)^{\frac{1}{2,5}}$$

Dari rumus tersebut dapat diperoleh diameter pipa gas = 0,905026952 inch

Dan dari hasil tersebut dapat digunakan untuk memilih pipa yang tersedia di pasaran. Dan saya memilih pipa berstandard JIS G3454 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Then for main pipe, it will be use carbon stell pipe according to JIS G3454

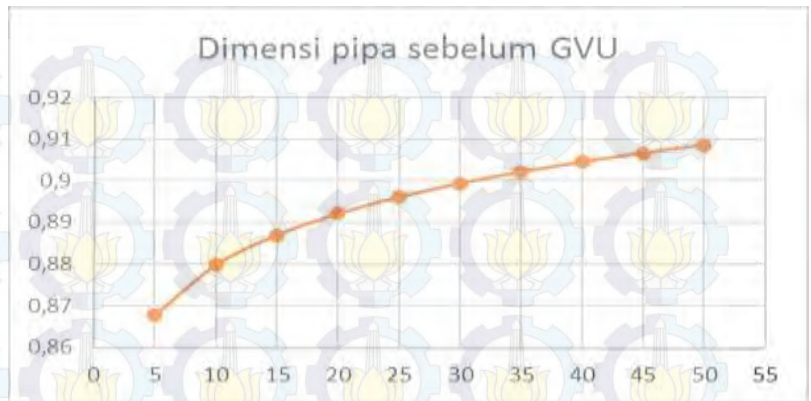
Inside diameter	:	1,182	inch
Thickness	:	0,133	inch
Outside diameter	:	1,315	inch
Nominal pipe size	:	1	
Schedule Number	:	80	

Inside diameter : 30 mm

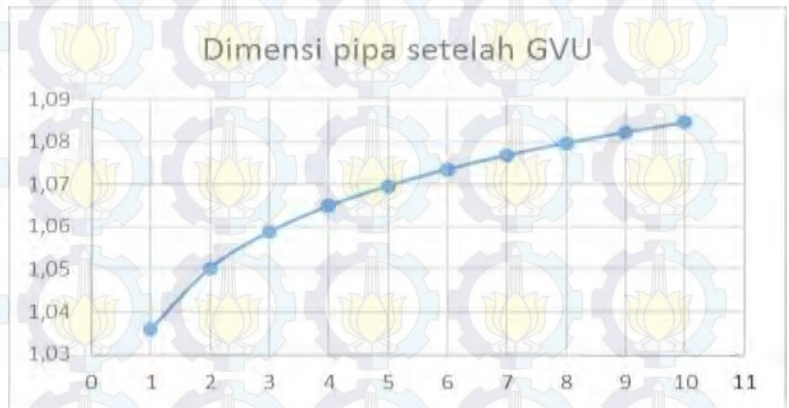
Thickness	:	3,4	mm
Outside diameter	:	33,4	mm
Nominal pipe size	:	1	
Schedule Number	:	80	

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran tugas akhir ini.

Pada tugas akhir ini, juga dihitung diameter pipa jika panjang pipa divariasikan, pada perhitungan diameter pipa ini dibagi menjadi 2 yaitu diameter pipa sebelum melewati Gas Valve Unit yang panjang pipanya divariasikan mulai dari 5 meter hingga 50 meter dengan kelipatan 5 meter. Dan yang satunya diameter pipa setelah melewati Gas Valve Unit yang panjangnya divariasikan mulai dari 1 meter hingga 10 meter, dan itu dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Grafik 4.1 diameter pipa sebelum GUV



Grafik 4.2 diameter pipa setelah GUV

Dari grafik tersebut dapat diketahui meskipun panjang pipa divariasikan dari 1 – 10 meter namun pipa yang digunakan masih bisa tetap JIS G3454 dengan diameter dalam 1,182 inch.

4.4. Perbandingan Biaya Bahan Bakar

Perbandingan bahan bakar ini bertujuan untuk mengetahui mana yang lebih efektif antara penggunaan bahan bakar konvensional dan CNG.

4.4.1. Perhitungan biaya jika menggunakan konvensional

Perhitungan volume bahan bakar konvensional ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar bahan bakar yang dibutuhkan beserta biayanya. Dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

BHPmcr :	825	KW
SFOC :	196	gr/ kW.hr
S :	50	nautical mile
Vs :	15	knot
Endurance:	days	= 4 hours
Multiple factor for fuel oil =	1,3 - 1,5	taken = 1,5

Perhitungan tangki HSD

Berat HSD (WHSD)

$$\text{WHSD} = \text{BHPmcr} \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton})$$

Jadi

$$\begin{aligned} \text{WHSD} &= \text{BHPmcr} \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton}) \\ &= 825 \times 196 \times 50 \times 10^{-6} \times 1,5 \end{aligned}$$

$$= \frac{0,97 \text{ ton}}{\text{Volume tangki penyimpanan (VHSD)}}$$

$$\text{VHSD} = \frac{\text{WHSD total}}{\rho} \quad \rho = 0,845 \text{ ton/m}^3$$

$$= \frac{0,82 \text{ m}^3}{\text{Volume ekspansi karena konstruksi dan suhu}} \\ \text{maka ditambah 4\% dari volume HSD} \\ \text{sebelumnya, sehingga menjadi:}$$

$$\begin{aligned} \text{VHSD} &= (4\% \times 0,82) + 0,82 \\ &= 0,853 \text{ m}^3 \\ &= 852,61176 \text{ liter} \\ &= 860 \text{ liter} \end{aligned}$$

Karena kapal ini menggunakan 2 mesin sehingga

$$\text{VHSD} = 2 \times \text{VHSD}$$

$$= 1720 \text{ liter}$$

Setelah itu menghitung biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan bakar konvensional, sehingga bisa mengetahui berapa biaya yang dikeluarkan hanya untuk membeli bahan bakar selama satu tahun. Dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

jumlah trip perhari	2	trip perhari
Kecepatan	15	knot
Konsumsi	30	liter/trip

harga bahan bakar HSD per liter adalah 12700 Rupiah

Dan diasumsikan kapal dalam setahun dioperasikan selama 340 hari. Maka dapat diperoleh biaya yang dikeluarkan dengan perhitungan sebagai berikut:

Total biaya lama operasi	konsumsi bahan bakar x harga perliter
	44.450.000
operasi dalam 1 tahun	Rp.15.113.000.000

4.4.2. Perhitungan biaya jika menggunakan CNG

Perhitungan kebutuhan bahan bakar CNG ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar bahan bakar yang dibutuhkan beserta biayanya. Dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{BHPmcr} &: 876 && \text{KW} \\
 \text{SFGC} &: 9722 && \text{Kj/} \\
 S &: 50 && \text{kW.hr} = 0,311104 \text{ m}^3/\text{kwh} \\
 V_s &: 15 && \text{nautical mile} \\
 \text{Endurance} &: && \text{knot} \\
 \text{Multiple factor for fuel gas} &= 1,3 - 1,5 && \text{days} = 4 \text{ hours} \\
 &&& \text{taken} = 1,5
 \end{aligned}$$

Perhitungan volume tabung CNG

Volume CNG (VFG)

$$\text{VHFO} = \text{BHPmcr} \times \text{SFGC} \times \text{Endurance} \times C \quad \text{m}^3$$

Jadi

$$\begin{aligned}
 \text{VHFG} &= \text{BHPmcr} \times \text{SFGC} \times \text{Endurance} \times C \quad (\text{ton}) \quad \text{m}^3 \\
 &= 876 \times 217,77 \times 4 \times 1,5 \\
 &= 1635,16 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Menghitung berat CNG yang dibutuhkan

Berat CNG (WFG)

$$\begin{aligned}
 \text{WFG} &= \text{VFG total} \times \rho \quad \rho = 0,0007 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 1,14 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Karena kapal ini menggunakan 2 mesin sehingga:

$$\begin{aligned} \text{WFG} &= 2 \times \text{WFG} \\ &= 2,289228 \text{ Ton} \\ &= 2289,228 \text{ kg} \\ &= 2300 \text{ kg} \end{aligned}$$

Setelah itu menghitung biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan bakar CNG, sehingga bisa mengetahui berapa biaya yang dikeluarkan ketika kapal beroperasi hanya untuk membeli bahan bakar selama satu tahun. Dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:	trip
jumlah trip perhari	2 perhari
Kecepatan	15 Knot
harga bahan bakar CNG per kg adalah	3800 Rupiah

Dan sama ketika menghitung kebutuhan menggunakan bahan bakar konvensional diasumsikan kapal dalam setahun dioperasikan selama 340 hari. Maka dapat diperoleh biaya yang dikeluarkan dengan perhitungan sebagai berikut:

Total biaya lama operasi	konsumsi bahan bakar x harga perliter
	Rp17.480.000
operasi dalam 1 tahun	Rp5.943.200.000

4.5. Perhitungan Biaya Untuk Pipa

Perhitungan biaya untuk pipa bertujuan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan ketika kapal menggunakan sistem bahan bakar CNG dan sistem bahan bakar konvensional.

4.5.1 Biaya pipa dan komponen pada sistem bahan bakar CNG

Setelah itu perhitungan untuk biaya yang dikeluarkan untuk pembelian pipa CNG. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa biaya investasi untuk pembelian pipa Gas yang akan digunakan untuk sistem bahan bakar CNG pada kapal Ro – Ro 1000GT dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Sesuai perencanaan pada gambar 4.11 sampai dengan 4.13 maka dapat diketahui panjang pipa yang akan digunakan. Setelah dilakukan pengukuran panjang pipa keseluruhan pada sistem bahan bakar CNG yang dibutuhkan dikapal yaitu 32,72 m dan dibulatkan menjadi 36 m.

Setelah itu menghitung berat keseluruhan dari pipa tersebut dengan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :

Inside diameter	:	30	mm	0,03	m
Thickness	:	3,4	mm	0,0034	m
Outside diameter	:	33,4	mm	0,0334	m
Nominal pipe size	:	1			
Schedule Number	:	80			

Sehingga dapat dihitung berat pipa dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{array}{rcl}
 V_{\text{besar}} & & 0,028653 \text{ m}^3 \\
 V_{\text{kecil}} & & \underline{0,023117 \text{ m}^3} \\
 V_{\text{pipa}} & & 0,005537 \text{ m}^3
 \end{array}$$

Massa jenis baja 7850 kg/m³

Sehingga berat pipa = $V_{\text{pipa}} \times \text{massa jenis}$

$$= 43,46311 \text{ kg}$$

Setelah itu harus diketahui berapa harga pipa yang berstandar JIS G3454 sch 80 yang tersedia di pasaran

Pipa yang tersedia di pasaran

Diameter luar : 21.3mm-610mm

Ketebalan : 1-22mm

Panjang : 4-18m

Standar :API5L, API5CT, ASTM A53,
EN10217, DIN2458, IS3589, JIS
G3452, BS1387

Harga satuan : Rp. 52.000

Panjang pipa yang dibutuhkan adalah 32,72 m dibulatkan menjadi 36 m karena pipa yang tersedia panjang minimal 4 m. Jadi pipa yang dibutuhkan adalah $36 / 4 = 9$ batang pipa.

Sehingga biaya yang dikeluarkan untuk membeli pipa adalah $\text{Rp. } 52.000 \times 9 = \text{Rp. } 468.000$.

Setelah itu perhitungan biaya untuk komponen pada sistem bahan bakar CNG sebagai berikut :

Komponen Pada Sistem Bahan Bakar Gas

Gas Valve Unit (GVU)

Gas Filter	1	Rp.26.000	Rp.26.000
Control air Filter	1	Rp.32.000	Rp.32.000
Inert Gas Filter	1	Rp.42.000	Rp.42.000
Manual Shut off Valve	1	Rp.91.000	Rp.91.000
Double Block And Bleed Valve	6	Rp.2.600.000	Rp.15.600.000
Gas Control Valve	1	Rp.72.000	Rp.72.000
Shut off Valve	2	Rp.91.000	Rp.182.000
Pressure Regulator	1	Rp.1.560.000	Rp.1.560.000
Solenoid Valve	1	Rp.1.354.470	Rp.1.354.470
Inert Valve	1	Rp.195.000	Rp.195.000

Rp.19.154.470

Asumsi untuk harga Gas Valve Unit yaitu komponen lain

Rp.25.000.000

Double Block And Bleed Valve	2	Rp.2.600.000	Rp.5.200.000
Pressure Regulator	2	Rp.1.560.000	Rp.3.120.000
Pressure Trasmmitter,	2	Rp.1.354.470	Rp.2.708.940
Pressure Manometer	2	Rp.42.000	Rp.84.000

Rp.11.112.940

Jumlah

Rp.36.112.940

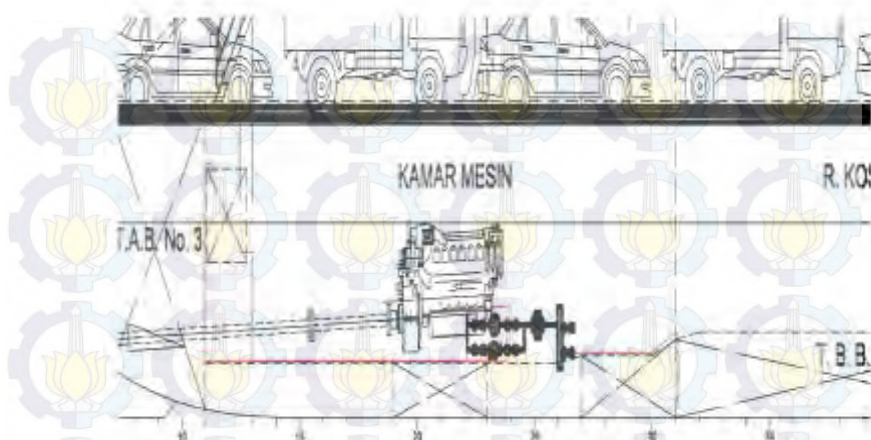
karena menggunakan 2 mesin jadi dikalikan 2

Rp.72.225.880

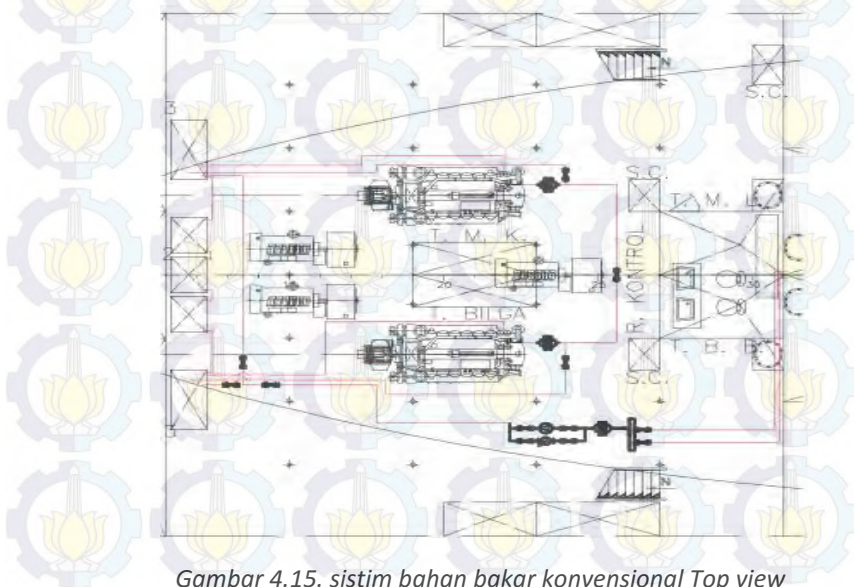
4.5.2. Biaya pipa dan komponen sistem bahan bakar konvensional

Setelah perhitungan untuk biaya yang dikeluarkan untuk pembelian pipa CNG. Selajutnya menghitung biaya pipa untuk konvensional. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa biaya inverstasi untuk pembelian pipa konvensional yang akan digunakan untuk sistem bahan bakar minyak pada kapal Ro – Ro 1000GT dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Sebelumnya diketahui terlebih dahulu berapa panjang pipa keseluruhan pada sistem bahan bakar minyak.



Gambar 4.14. sistim bahan bakar konvensional side view



Gambar 4.15. sistim bahan bakar konvensional Top view
(dasar ganda)

Berdasarkan gambar 4.14 dan 4.15 dapat diukur panjang pipa yang dibutuhkan kapal yaitu 77,71 m dan dibulatkan menjadi 80 m.

Setelah itu menghitung berat keseluruhan dari pipa tersebut dengan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :

Inside diameter	:	71,1	mm	0,0711	m
Thickness	:	5,2	mm	0,0052	m
Outside diameter	:	76,3	mm	0,0763	m
Nominal pipe size	:	65A			
Schedule Number	:	40			

Sehingga dapat dihitung berat pipa dengan cara sebagai berikut:

V _{besar}	0,355137	m ³
V _{kecil}	0,30838	m ³
V _{pipa}	0,046757	m ³

Massa jenis baja 7850 kg/m³

berat
pipa = V_{pipa} x massa jenis
367,0431 kg

Setelah itu harus diketahui berapa harga pipa yang berstandar JIS 70 05 10 sch 40 yang tersedia di pasaran.

Pipa yang tersedia di pasaran

Diameter luar : 25 mm-700 mm

Ketebalan : 4 – 80 mm

Panjang : 6 – 12 m

Standar : JIS, API ASTM, Bs, Gb

Harga satuan : Rp. 147.300

Panjang pipa yang dibutuhkan adalah 77,71 m dibulatkan menjadi 78 m karena pipa yang tersedia panjang minimal 6 m. Jadi pipa yang dibutuhkan adalah $78 / 6 = 13$ batang pipa.

Sehingga biaya yang dikeluarkan untuk membeli pipa adalah $\text{Rp. } 147.300 \times 13 = \text{Rp. } 1.914.900$.

Setelah itu perhitungan untuk biaya komponen pada sistem bahan bakar konvensional.

Katup Bundar	12	Rp.91.000	Rp.1.092.000
Katup Bundar (remotly)	1	Rp.117.000	Rp.117.000
Saringan Ganda	3	Rp.52.000	Rp.52.000
Self Closing Valve	4	Rp.130.000	Rp.520.000
Pompa Transfer	2	Rp3.900.000	Rp.7.800.000
			Rp.9.581.000



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan grafik dari hasil perhitungan diameter yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa meskipun panjang dari pipa tersebut divariasikan dari 5 m sampai dengan 50 m namun diameter pipa tidak mengalami perubahan yang besar dan masih bisa menggunakan satu jenis pipa yang tersedia di pasaran yaitu pipa JIS G3454 no. Pipe 1 sch 80.
2. Dari hasil perhitungan kebutuhan bahan bakar, didapatkan biaya bahan bakar konvensional untuk dioperasikan selama 1 tahun yaitu Rp.15.113.000.000. Sedangkan biaya penggunaan bahan bakar CNG selama 1 tahun diperoleh Rp.5.943.200.000. Pada bahan bakar CNG Terjadi penghematan biaya sebesar hampir $\frac{1}{3}$ dari pada menggunakan bahan bakar konvensional.

3. Dari perhitungan biaya pipa didapat pengeluaran biaya untuk sistem bahan bakar konvensional yaitu Rp. 1.914.900. Sedangkan pada sistem bahan bakar CNG Rp. 468.000. Disini juga terjadi penghematan pada sistem bahan bakar CNG yang hampir $\frac{1}{5}$ dari biaya sistem bahan bakar konvensional.
4. Dalam perhitungan biaya untuk komponen didapatkan bahwa komponen pada sistem bahan bakar konvensional sekitar Rp.9.581.000 dan pada komponen sistem bahan bakar CNG diperoleh sekitar Rp.72.225.880. Hal ini menunjukkan bahwa pada sistem bahan bakar CNG membutuhkan biaya investasi yang cukup mahal sekitar 8 kali dari pada sistem bahan bakar konvensional.

5.2. Saran

Dalam pengerjaan tugas akhir kapal menggunakan sistem bahan bakar CNG ini ada beberapa saran yang dapat menjadi masukan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Untuk mendukung pengerjaan tugas akhir ini, data yang didapatkan hendaknya lebih lengkap, sehingga bisa mempermudah proses pengerjaan tugas akhir.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk pembuatan sistem bahan bakar CNG yang lebih baik. Dengan memperhitungkan stabilitas dari penempatan tabung CNG pack.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penggunaan bahan bakar CNG yang lebih murah dan ramah lingkungan.



DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Muhammad Imran Khan, Tabassum Yasmin, Abdul Shakoor. "Technical overview of compressed natural gas (CNG) as a transportation fuel
- [2]. <http://www.t-energy.co.id/news/apakah-cng-itu->
- [3]. <http://suropaticng.com/indonesia/what.html>
- [4]. http://mfg-naturalgas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=21
- [5]. <http://syahrirqoim.blogspot.co.id/2012/04/pengenalan-mesin-penggerak-kapal.html>
- [6]. Hadiwarsito Dhany, "Kajian Marine CNG Sebagai Alternatif Transportasi Gas Bumi Untuk Memenuhi Kebutuhan Pembangkit Listrik Di Pulau Bali
- [7]. Soren karlsson, The Wartsila Gas Valve Unit Enclosed Design (GVU – ED™) For Marine Application
- [8]. Supena_Makbul "PERENCANAAN JARINGAN PIPA TRANSMISI GAS DARI LABUHAN MARINGGAI KE MUARA BEKASI MELALUI JALUR LEPAS PANTAI"
- [9]. Ahmad Abdul Qodir "MENGENAL NATURAL GAS" sep-15-2013

[10].TaufiqurRohman.com”Comprssed natural gas, CNG

[11].www.iccsafe.org/CodesPlus

[12].Vagenes_Karianne.”Properties of Naural Gas)

[13].Cipto Hadi Purnomo. “KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PENGANTIAN SISTEM BAHAN BAKAR RESIDU MENJADI GAS PADA PI. INDONESIA POWER UBP PERAK – GRATI SUB UNIT PERAK” 2011

[14].AHMAD FAHMY JUSOH. “ FLOW EQUATION IN COMMERCIAL GAS PIPING SYSTEM” April 2010

[15]. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-8376-4204100047-Paper.pdf>

[16].[https://www.academia.edu/10008374/KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN DUAL FUEL SYSTEM LPG-SOLAR PADA MESIN DIESEL KAPAL NELAYAN TRADISIONAL](https://www.academia.edu/10008374/KAJIAN_TEKNIS_DAN_EKONOMIS_PENGGUNAAN_DUAL_FUEL_SYSTEM_LPG-SOLAR_PADA_MESIN_DIESEL_KAPAL_NELAYAN_TRADISIONAL)

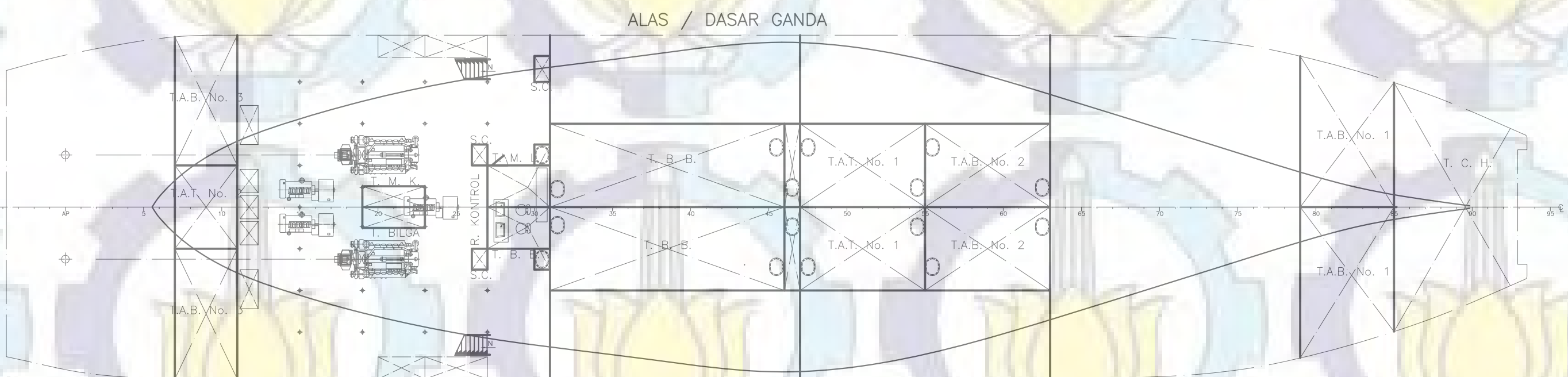
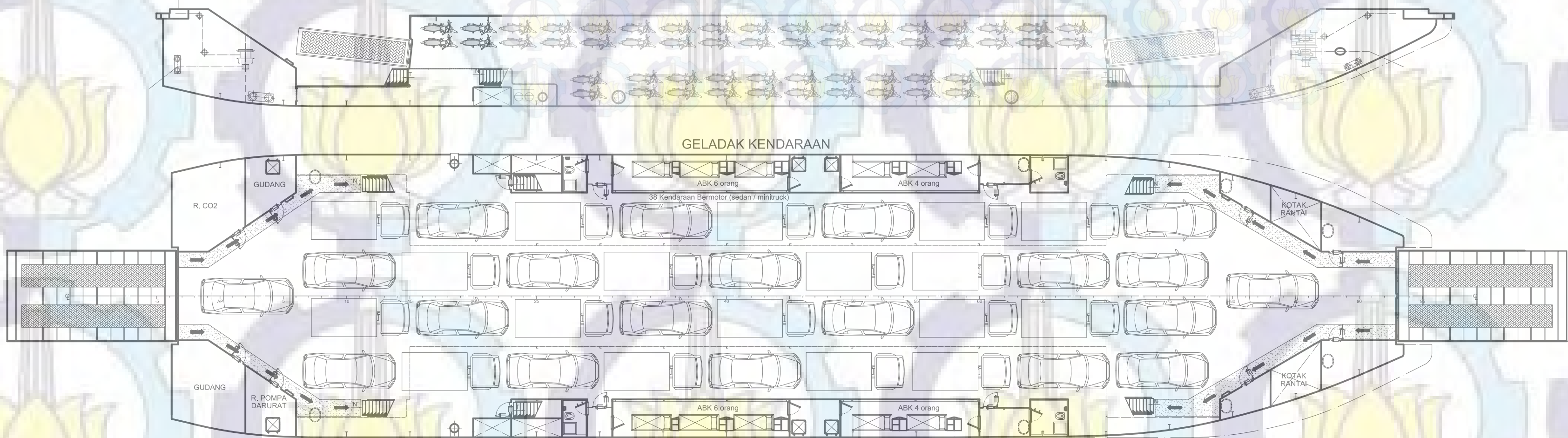
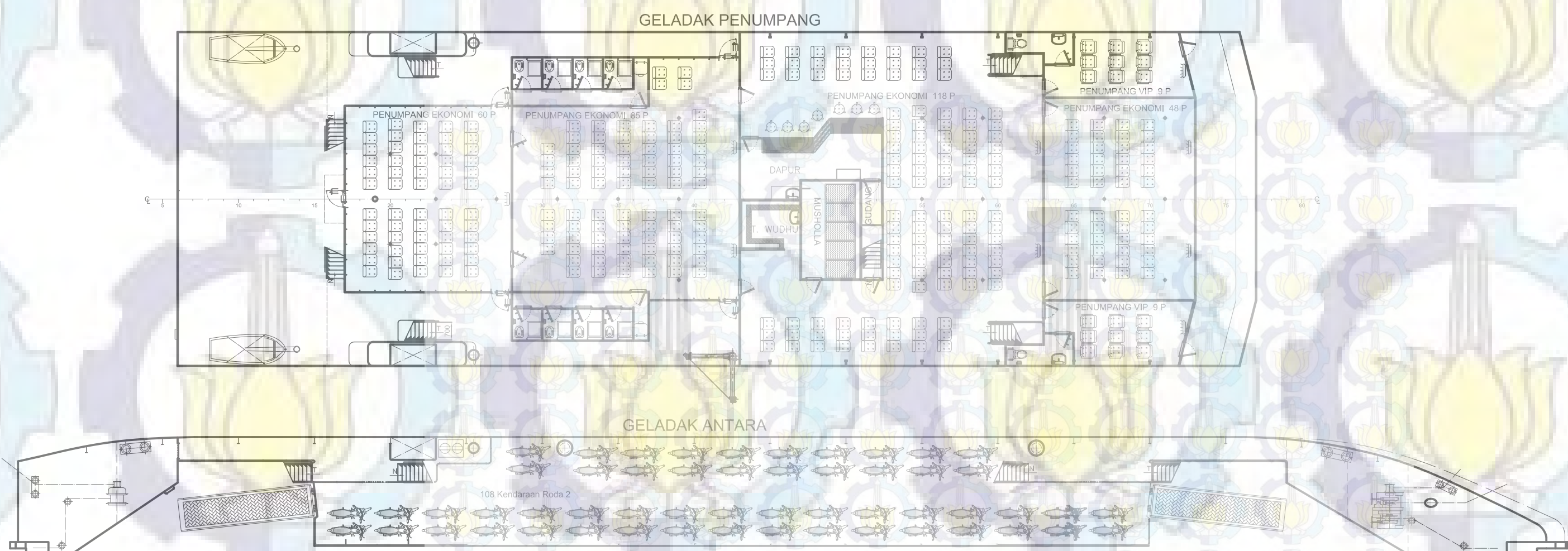
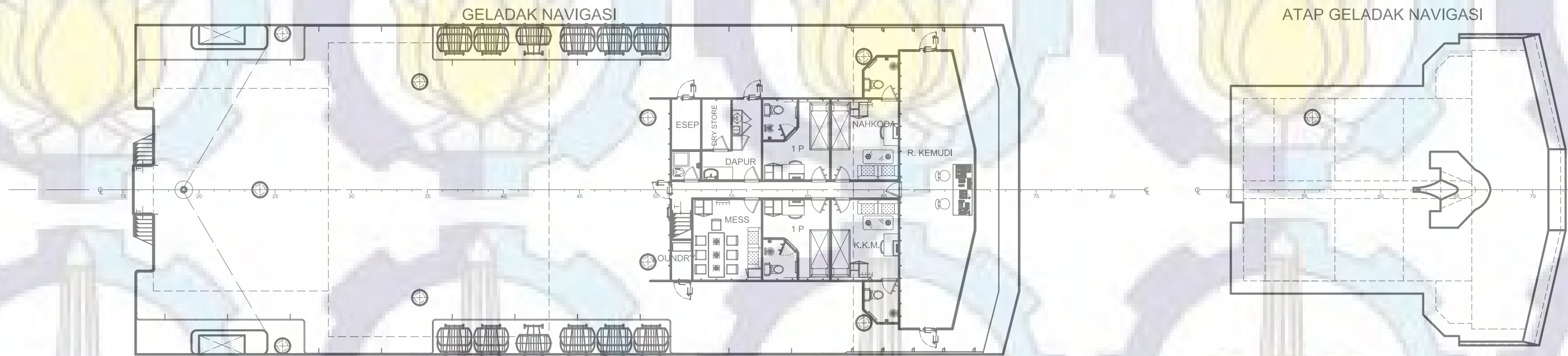
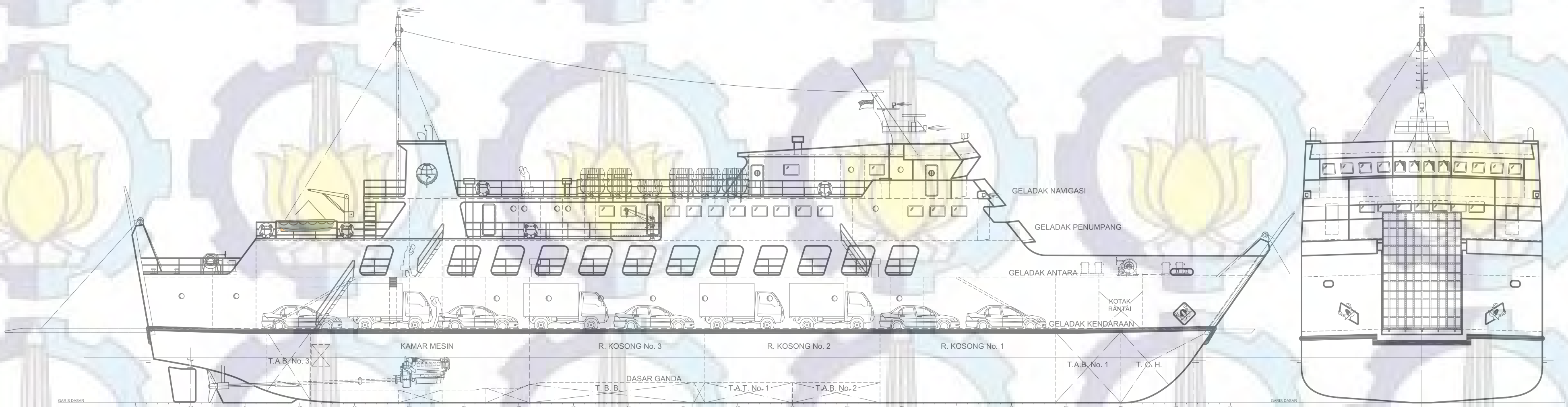
[17]. http://publicecodes.cyberregs.com/st/ny/st/b1000v10/st_ny_st_b1000v10_4_sec002.htm

[18]. <http://checalc.com/solved/gasPipeSizing.html?>

[19].<http://artikel-teknologi.com/mengenal-compressed-natural-gas/>

- 
- [20]. <http://www.truckmagz.com/articles/2015/02/menjaga-mesin-diesel-tetap-prima>
- [21]. Quantum_Tecnologies/Product Data Sheet
- [22]. <http://bisnispemasaran.info/anggaran-keuangan/apa-itu-analisis-ekonomi>
- [23]. <http://belajarekonomiteknik.blogspot.co.id/>
- [24]. https://id.wikipedia.org/wiki/Ekonomi_teknik
- [25]. <http://www.alibaba.com/product>
- [26]. http://www.alibaba.com/product-detail/Lanco-brand-KCB-33-3-Gear_1473152110.html
- [27]. <https://www.bes.co.uk/products/024.asp>
- [28]. <http://www.alibaba.com/showroom/1-inch-solenoid-valve.html>





UKURAN UTAMA :

PANJANG SELURUHNYA (Loa) = 64.18 m
PANJANG A.G.T. (Lpp) = 55.00 m
LEBAR (B) = 13.20 m
TINGGI (H) = 3.90 m
SARAT (T) = 2.50 m
KECEPATAN (v) = 15.00 knot
MOTOR INDUK = 2 x 1100 HP, 1850 rpm

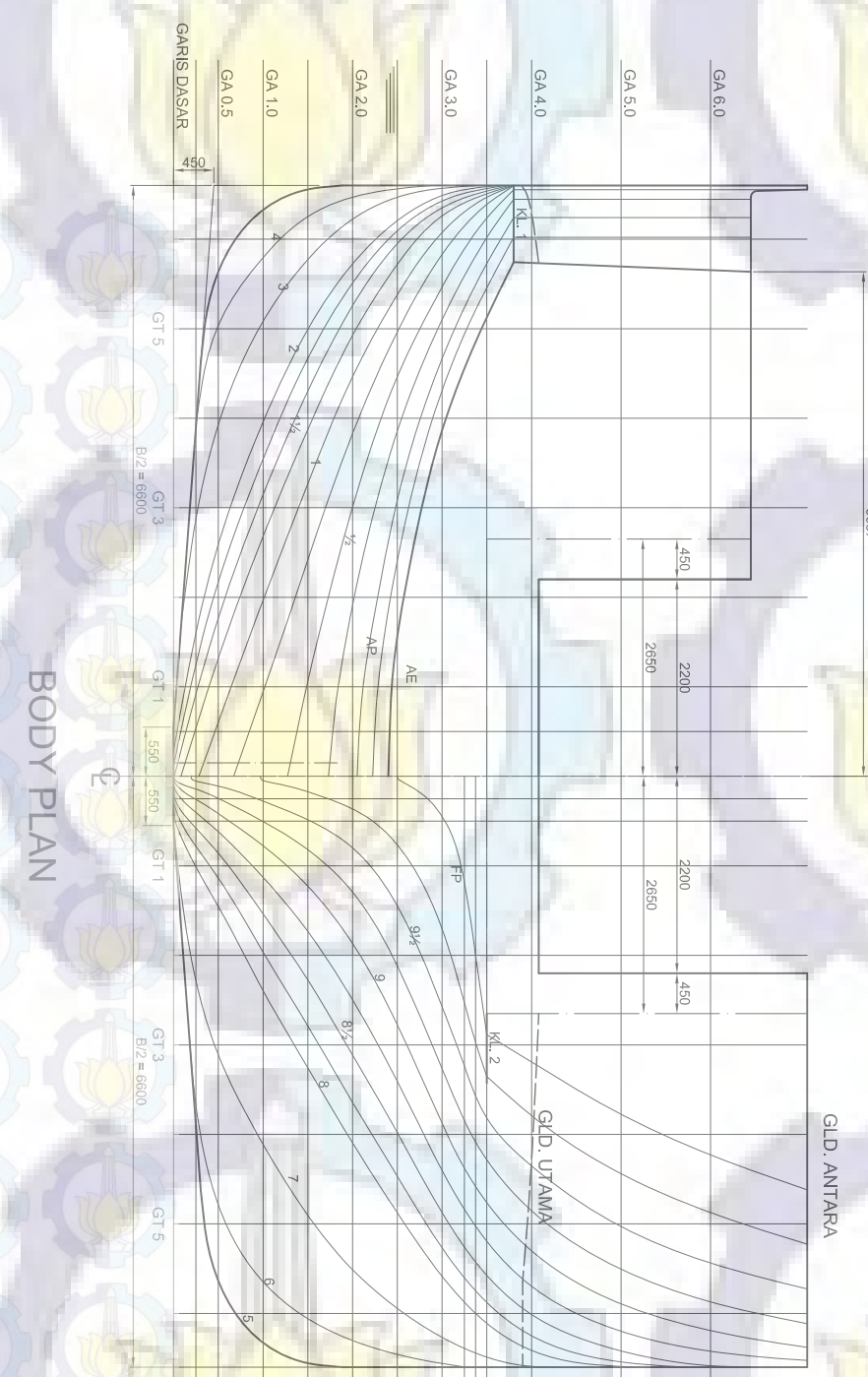
A.B.K. = 24 ORANG
PENUMPANG :
PENUMPANG EKSEKUTIF = 18 ORANG
PENUMPANG EKONOMI = 311 ORANG
JUMLAH PENUMPANG = 329 ORANG
KENDARAAN = 38 UNIT MINI TRUK/ SEDAN
= 108 UNIT SEPEDA MOTOR

KLAS : KI + A 100 P "Kapal Penyeberangan"

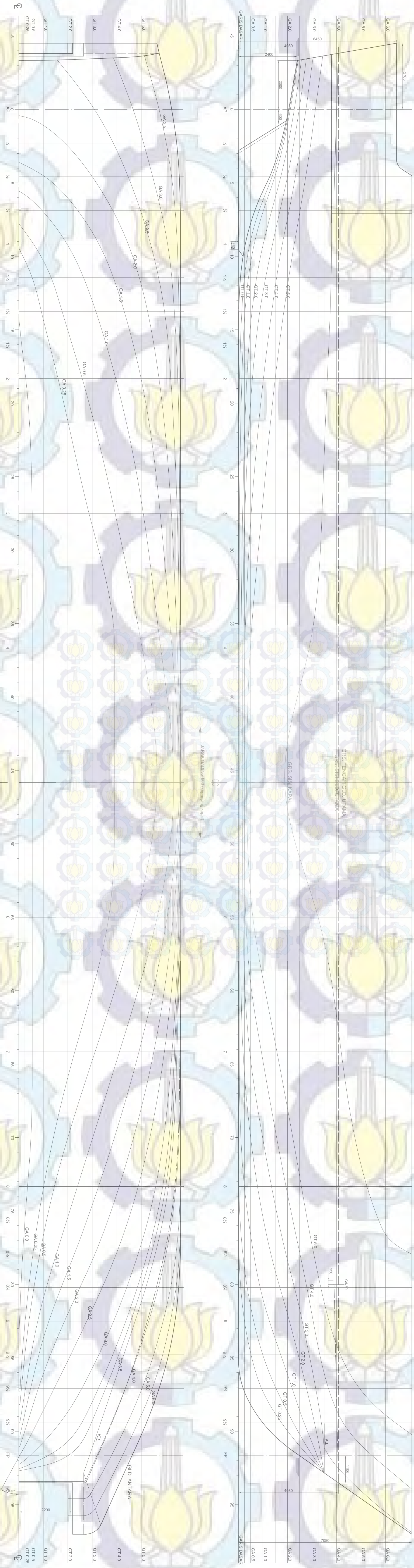
①

 PT. RANGANG PERSADA Engineering & Marine Construction Kantor : Jl. Kelintang Baru IVB no 16, Surabaya Telp/Fax : (031) 6280892	RENCANA UMUM KAPAL PENYEBERANGAN 1000 GT		
	Digambar		No. Proyek 0009
	Diperiksa		No. Gambar 009101
	Dibuat		
DINAS PERHUBUNGAN KABUPATEN BENGKALIS Kantor : Jl. Pramuka - Bengkalis Perancang : Rancang Perdana Klas : BKL Simbol Proyeksi	Skala	1 : 150	1 / 1

TABEL SETENGAH LEBAR																
SETENGAH LEBAR (m)																
NO.	ALAS	K.L.	K.L.	G.A.	G.A.	G.A.	G.A.	G.A.	G.A.	G.A.	G.A.	G.A.	G.A.	G.A.	G.D.	G.D.
ORD.	1	2	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	KEND.	ANTARA	AE	NO.	ORD.	NO.
AE	-	5,74	-	-	-	-	-	-	3,329	5,736	6,242	6,242	6,242	AP	AE	AE
AP	-	6,242	-	-	-	-	-	-	2,400	4,437	6,242	6,242	6,242	AP	AE	AE
1/2	-	6,446	-	-	-	-	-	-	3,478	5,004	6,446	6,446	6,446	1/2	1/2	1/2
1/4	-	6,532	-	-	-	-	-	-	2,630	4,256	5,471	6,532	6,532	1/4	1/4	1/4
1/8	-	6,597	-	-	-	-	-	-	2,317	3,789	4,930	5,588	6,597	1/8	1/8	1/8
1	-	-	-	-	0,603	1,369	3,271	4,465	5,390	6,000	6,000	6,000	6,000	1	1	1
1 1/2	-	-	-	0,620	1,769	3,146	4,305	5,258	5,950	6,350	6,000	6,000	6,000	1 1/2	1 1/2	1 1/2
2	0,255	-	-	1,004	2,593	3,858	4,993	5,725	6,507	6,489	6,000	6,000	6,000	2	2	2
3	0,650	-	-	2,866	3,532	5,051	5,774	6,223	6,469	6,571	6,000	6,000	6,000	3	3	3
4	0,550	-	-	3,911	5,038	5,793	6,233	6,469	6,570	6,600	6,000	6,000	6,000	4	4	4
5	0,550	-	-	3,911	5,638	6,326	6,655	6,800	6,900	6,900	6,000	6,000	6,000	5	5	5
6	0,550	-	-	3,711	4,763	5,650	6,060	6,302	6,430	6,545	6,600	6,600	6,600	6	6	6
7	0,550	-	-	2,255	3,113	4,110	4,857	5,451	5,915	6,244	6,575	6,575	6,575	7	7	7
8	0,554	-	-	0,886	1,453	2,396	3,257	4,097	4,876	5,597	6,414	6,370	6,370	8	8	8
8 1/2	0,355	-	-	0,608	0,836	1,326	2,273	3,119	3,950	4,473	6,013	5,983	6,000	8 1/2	8 1/2	8 1/2
9	0,180	-	-	0,312	0,449	0,775	1,228	1,867	2,779	3,823	5,305	5,246	6,378	9	9	9
9 1/4	0,104	-	-	0,183	0,261	0,509	0,833	1,308	2,129	3,285	4,533	4,522	6,115	9 1/4	9 1/4	9 1/4
9 1/2	0,050	-	-	0,095	0,138	0,281	0,478	0,798	1,448	2,536	4,383	4,391	5,726	9 1/2	9 1/2	9 1/2
9 3/4	-	-	-	3,352	-	-	-	-	0,655	0,657	0,735	1,751	3,792	9 3/4	9 3/4	9 3/4
FP	-	-	-	2,842	-	-	-	-	-	-	0,050	0,719	3,274	FP	FP	FP



TABEL TINGGI THD. GRS. DASAR																
TINGGI DI ATAS GRS. DASAR (m)																
ORD.	K.L.	K.L.	G.T.	G.T.	G.T.	G.T.	G.T.	G.T.	G.T.	G.T.	G.T.	G.T.	G.T.	ORD.	ORD.	ORD.
NO.	1	2	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	NO.	NO.	NO.
AE	2,500	3,800	-	2,539	2,989	2,729	2,929	3,179	3,512	-	-	-	-	AE	AE	AE
AP	2,219	3,800	-	2,264	2,300	2,432	2,616	2,698	3,198	3,649	AP	AP	AP	AP	AP	AP
1/2	1,874	3,800	-	1,935	2,001	2,164	2,377	2,551	2,999	3,485	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
1/4	1,273	3,800	-	1,351	1,512	1,708	2,025	2,385	2,783	3,315	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
1/8	0,679	3,800	-	0,849	1,020	1,360	1,705	2,084	2,534	3,126	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8
1	0,283	3,800	-	0,462	0,644	1,017	1,395	1,752	2,279	2,833	1	1	1	1	1	1
1 1/2	0,008	-	-	0,138	0,272	0,576	0,942	1,360	1,852	2,548	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
2	0,000	-	-	0,038	0,129	0,340	0,631	1,016	1,504	2,295	2	2	2	2	2	2
3	0,000	-	-	0,000	0,033	0,122	0,274	0,524	0,865	1,721	3	3	3	3	3	3
4	0,000	-	-	0,000	0,033	0,107	0,182	0,261	0,484	1,180	4	4	4	4	4	4
5	0,000	-	-	0,000	0,033	0,107	0,141	0,257	0,344	0,692	5	5	5	5	5	5
6	0,000	-	-	0,000	0,033	0,107	0,135	0,265	0,357	1,412	6	6	6	6	6	6
7	0,000	-	-	0,000	0,033	0,187	0,456	0,935	1,610	2,613	7	7	7	7	7	7
8	0,000	-	-	0,000	0,258	0,786	1,346	1,941	2,552	3,373	8	8	8	8	8	8
8 1/2	0,000	-	-	2,916	0,670	1,310	1,834	2,511	3,077	3,881	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2
9	0,000	-	-	0,587	1,270	2,085	2,893	3,092	3,695	5,279	9	9	9	9	9	9
9 1/4	0,000	-	-	0,984	1,704	2,437	2,893	3,303	4,174	6,371	9 1/4	9 1/4	9 1/4	9 1/4	9 1/4	9 1/4
9 1/2	0,000	-	-	1,546	2,194	2,788	3,146	3,639	4,946	-	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2
9 3/4	0,587	-	-	3,550	2,245	2,657	3,084	3,580	4,278	6,325	-	9 3/4	9 3/4	9 3/4	9 3/4	9 3/4
FP	2,500	-	-	3,500	2,916	3,091	3,316	3,669	5,526	-	-	-	-	FP	FP	FP



UKURAN UTAMA :
PANJANG SELURUHNYA
LEBAR
TINGGI
SARAT
SHEER HALUAN
SHEER BURUTAN
CAMBER

(Loa) = 64,18 m
(Lpp) = 55,00 m
(B) = 13,20 m
(H) = 3,90 m
(T) = 2,50 m
= 180 mm
= 180 mm
= 180 mm



PT. RANCANG PERSADA
Engineering & Marine Construction
Kantor : Jl. Kelintang Baru No 16 Surabaya
Telp. Fax : (031) 8688882

DINAS PERHUBUNGAN
KABUPATEN BENGKALIS
Kantor : Jl. Pemuda Bengkalis

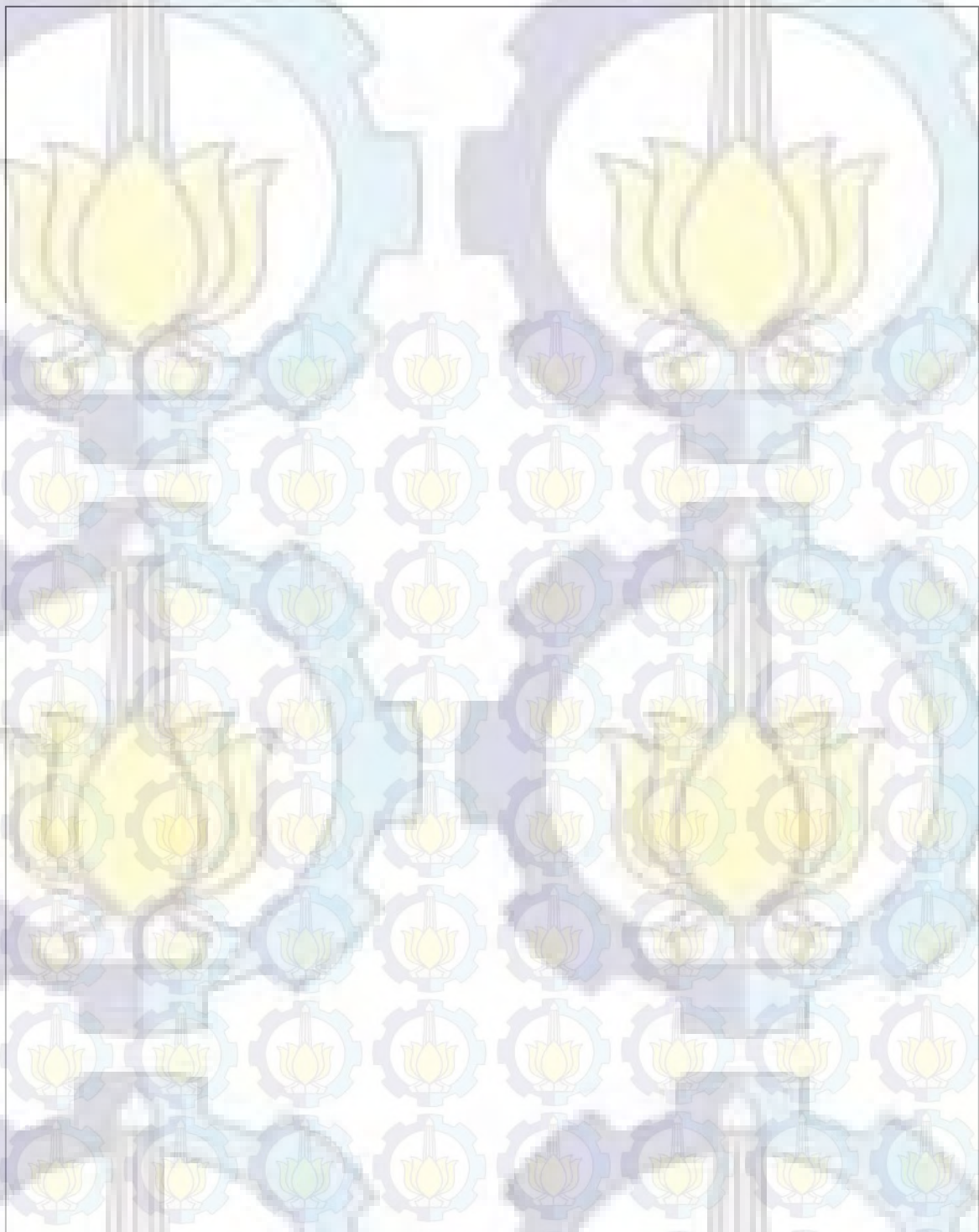
Famlik : Dabul Bengkalis
Perancang : Rancang Persada




Klas : BK1
Sistem Proyek : Stale

RENCANA GARIS (STATION)
KAPAL PENYEBERANGAN 1000 GT

Dibuat : 0009
Diperiksa :
Skala : 1:150 1/4

No Gambar : 009102



 DINAS PERHUBUNGAN KABUPATEN BENGKALIS Kantor : Jl. Pramuka - Bengkalis	 PT. RANCANG PERSADA Engineering & Marine Construction Kantor : Jl. Ketintang Baru IVB no 16, Surabaya Telp/ Fax : (031) 8280892																
	PERHITUNGAN TAHANAN & KECEPATAN KAPAL PENYEBERANGAN 1000 GT																
Pemilik : Dishub Bengkalis	<table border="1"><tr><td>Digambar</td><td></td><td></td><td rowspan="2">No. Proyek 0009</td></tr><tr><td>Diperiksa</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Disetujui</td><td></td><td></td><td rowspan="2">No. Gambar 009502</td></tr><tr><td>Skala</td><td></td><td></td></tr></table>			Digambar			No. Proyek 0009	Diperiksa			Disetujui			No. Gambar 009502	Skala		
Digambar						No. Proyek 0009											
Diperiksa																	
Disetujui						No. Gambar 009502											
Skala																	
Perancang : Rancang Persada																	
Klas : BKI																	
Simbol Proyeksi 																	

Perhitungan hambatan dan kecepatan menggunakan *software* untuk desain kapal dengan hasil sebagai berikut :

1. Perhitungan data awal dengan *software* diperoleh

		Value	Units	Savitsky planing Planing	Lahtiharju Planing	Holtrop	Delft III Sail	Compton	Slender body
1	LWL	57.036	m	57.036	57.036	57.036	57.036	57.036 (low)	--
2	Beam	13.209	m	13.209	13.209	13.209 (hi)	13.209	13.209	--
3	Draft	2.5	m	--	2.5	2.5 (low)	2.5	2.5	--
4	Displaced volume	1020.079	m ³	1020.079	1020.079	1020.079	1020.079	1020.079 (hi)	--
5	Wetted area	698.423	m ²	--	698.423	698.423	698.423	698.423	698.423
6	Prismatic coeff.	0.61		--	--	0.61	0.61 (high)	--	--
7	Waterplane area coeff.	0.799		--	--	0.799	0.799	--	--
8	1/2 angle of entrance	25.93	deg.	--	--	25.93	--	--	--
9	LCG from midships(+ve for'd)	-0.99	m	-0.99	--	-0.99	-0.99	-0.99 (high)	--
10	Transom area	0.83	m ²	--	0.83 (low)	0.83	--	--	--
11	Transom w/ beam	4.066	m	--	--	--	--	--	--
12	Transom draft	0.357	m	--	--	--	--	--	--
13	Max sectional area	29.315	m ²	--	29.315 (high)	--	--	--	--
14	Bulb transverse area	0.001	m ²	--	--	0.001	--	--	--
15	Bulb height from keel	0	m	--	--	0	--	--	--
16	Draft at FP	2.5	m	--	--	2.5	--	--	--
17	Deadrise at 50% LWL	3.63	deg.	3.63	--	--	--	--	--
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge		--	Round bilge	--	--	Round bilge	--
19									
20	Frontal Area	0	m ²						
21	Headwind	0	kts						
22	Drag Coefficient	0							
23	Air density	0.001	tonne/						
24	Appendage Area	0	m ²						
25	Nominal App. length	0	m						
26	Appendage Factor	1							
27									
28	Correlation allow.	0.00040							
29	Kinematic viscosity	0.0000118	m ² /s						
30	Water Density	1.026	tonne/						

2. Perhitungan tahanan Kapal Ferry 1000 GRT

	Speed (kts)	Savitsky planing Resist. (kl)	Savitsky planing Power (hp)	Lahtiharju Resist. (kl)	Lahtiharju Power (hp)	Holtrop Resist. (kl)	Holtrop Power (hp)	Delft III Resist. (kl)	Delft III Power (hp)	Compton Resist. (kl)	Compton Power (hp)	Slender body Resist. (kl)	Slender body Power (hp)
1	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	0.4	--	--	--	--	0.07	0.02	--	--	--	--	0.03	0.01
3	0.8	--	--	--	--	0.25	0.17	--	--	--	--	0.11	0.07
4	1.2	--	--	--	--	0.54	0.53	--	--	--	--	0.23	0.23
5	1.6	--	--	--	--	0.93	1.2	--	--	--	--	0.4	0.52
6	2	--	--	--	--	1.4	2.28	--	--	--	--	0.6	0.98
7	2.4	--	--	--	--	1.97	3.84	--	--	--	--	0.85	1.65
8	2.8	--	--	--	--	2.63	5.97	0.58	1.27	--	--	1.13	2.56
9	3.2	--	--	--	--	3.37	8.75	1.3	3.38	--	--	1.45	3.77
10	3.6	--	--	--	--	4.19	12.25	2.1	6.13	--	--	1.81	5.29
11	4	--	--	--	--	5.09	16.54	2.95	9.57	--	--	2.21	7.16
12	4.4	--	--	--	--	6.08	21.7	3.85	13.76	--	--	2.67	9.53
13	4.8	--	--	--	--	7.14	27.81	4.81	18.73	9.32	36.32	3.15	12.28
14	5.2	--	--	--	--	8.27	34.92	5.82	24.55	10.87	45.88	3.88	15.55
15	5.6	--	--	--	--	9.48	43.1	6.88	31.25	12.53	56.96	4.29	19.49
16	6	--	--	--	--	10.77	52.45	8.32	40.53	14.31	69.67	4.9	23.88
17	6.4	--	--	--	--	12.13	63.03	10.02	52.03	16.19	84.11	5.57	28.94
18	6.8	--	--	--	--	13.58	74.96	11.76	64.91	18.19	100.38	6.42	35.46
19	7.2	--	--	--	--	15.12	88.35	13.74	80.27	20.45	119.5	7.23	42.22
20	7.6	--	--	--	--	16.76	103.39	15.82	97.58	22.91	141.32	7.93	48.89
21	8	--	--	--	--	18.52	120.28	17.95	116.56	25.63	165.77	9.17	59.51
22	8.4	--	--	--	--	20.5	139.77	20.77	141.6	28.31	193.03	11.04	75.28
23	8.8	--	--	--	--	22.67	161.94	23.72	169.4	31.26	223.26	11.55	82.51
24	9.2	--	--	--	--	25.06	187.16	26.72	199.54	34.38	256.73	13.19	98.5
25	9.6	--	--	--	--	27.72	215.99	30.52	237.79	38.27	298.21	14.97	116.64
26	10	--	--	--	--	30.7	249.13	34.36	278.88	42.44	344.46	18.59	150.86
27	10.4	--	--	--	--	34.02	287.16	38.34	323.62	46.89	395.84	19.03	160.67
28	10.8	--	--	--	--	37.7	330.48	42.91	376.12	51.65	452.7	24.68	216.13
29	11.2	--	--	--	--	41.79	379.88	47.53	432.02	56.7	515.43	25.42	231.06
30	11.6	--	--	--	--	46.46	437.39	52.58	495.05	62.23	585.81	33.04	311.05
31	12	--	--	--	--	51.96	506.08	58.76	572.28	68.58	667.89	47.45	462.18
32	12.4	--	--	--	--	58.5	588.77	64.98	653.98	75.34	758.23	50.6	509.29
33	12.8	--	--	--	--	66.06	686.28	71.56	743.42	82.54	857.48	45.7	474.78
34	13.2	--	--	--	--	74.29	795.93	78.68	842.71	90.19	968.2	51.67	553.6
35	13.6	--	--	--	--	82.7	912.89	86.3	947.12	98.3	1084.99	73.9	815.66
36	14	--	--	--	--	90.87	1032.5	93.93	1067.32	107.82	1225.18	99.88	1134.89
37	14.4	--	--	--	--	98.68	1153.33	102.96	1203.39	118.87	1389.28	115.47	1349.49
38	14.8	--	--	--	--	106.4	1278.04	112.04	1345.87	130.64	1569.22	117.06	1406.17
39	15.2	--	--	--	--	114.5	1412.58	123.34	1521.57	143.15	1765.97	111.14	1371.07
40	15.6	--	--	--	--	123.59	1564.85	135.66	1720.12	156.42	1980.55	107	1354.79
41	16	--	--	--	--	134.28	1743.8	148.42	1927.38	170.49	2213.99	110.7	1437.56

Dari hasil perhitungan di atas di dapatkan total hambatan dengan menggunakan model perhitungan Holtrop sebesar **134,28 kN**. Dan kebutuhan total motor penggerak sebesar **1927, 38 HP** untuk dapat mencapai kecepatan yang diinginkan sebesar 15 knot.

Berikut ini adalah grafik kecepatan (knot) dan kebutuhan daya motor penggerak (HP) dari perhitungan dengan menggunakan perangkat lunak desain kapal.



Berikut adalah gambar simulasi gelombang yang di akibatkan pergerakan kapal dengan kecepatan 12 knot :





ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

CALCULATIONS DETAILS

Ship data for calculations :

BHPmcr : 876	KW		
SFGC : 9722	Kj/ kW.hr	=	0,311104 m3/kwh
S : 50	nautical mile		
Vs : 15	knot		
Endurance:	days	=	4 hours
Multiple factor for fuel gas =	1,3 - 1,5	taken =	1,5

Calculation of HFG storage tank volume

- Volume of GAS (VFG)

$$VFG = BHPmcr \times SFGC \times Endurance \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton})$$

where,

BHPmcr = BHP of main engine (from engine catalog) kW

SFGC = Main engine specific fuel gas consumption (m3/kWh)

S = ship route (mil)

Vs = Service Velocity

C = Multiple factor of fuel gas (1,3 – 1,5)

So,

$$\begin{aligned} VFG &= BHPmcr \times SFGC \times Endurance \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton}) \\ &= 876 \times 217,77 \times 4 \times 1,5 \\ &= 1635,16 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

- Weight of Storage Tank (WFG)

$$\begin{aligned} WFG &= VFG \text{ total} \times \rho \\ &= 1,14 \quad \text{Ton} \end{aligned} \quad \rho = 0,0007 \quad \text{ton/m}^3$$



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

Conversion factors for units of energy part 2

	kg SKE	kg RÖE	m ³ natural gas
1 kJ	0.000034	0.000024	0.000032
1 kcal	0.000143	0.0001	0.00013
1 kWh	0.123	0.086	0.113
1 kg SKE	1	0.7	0.923
1 kg oe	1.428	1	1.319
1 m ³ natural gas	1.083	0.758	1

BHP_{mc} : 876 KW

SFGC : 9722 Kj/ kW.hr = 0,311104 m³/kwh

Q= 272,527104 m³/h

Q= 230980,347 SCFD



SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

Perhitungan dimensi pipa sebelum Gas Valve Unit

$$Z = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{P_{avg} 344400 (10)^{1,785G}}{T_f^{3,825}} \right) \right]}$$

Dimana : P_{avg} = Tekanan gas rata - rata, psia
 T_f = Temperatur gas rata - rata, °F
 G = Gas gravity (udara = 1,00)
 Z = Compressibility Factor

$$P_{Avg} = \frac{2}{3} \left(P_1 + P_2 - \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} \right)$$

Dimana : P_1 = Inlet pressure, psia
 P_2 = Outlet pressure, psia

P_1 = 3600 Psia

P_2 = 3550 Psia

$$P_{Avg} = \frac{2}{3} \left(3600 + 3550 - \frac{3600 \times 3550}{3600 + 3550} \right)$$

$$= 3575,058 \text{ Psia}$$

P_{avg} = 3575,06 Psia

T_f = 70 °F

G = 0,6

1

$$Z = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{3575,06 \times 344400 (10)^{1,785(0,6)}}{70^{3,825}} \right) \right]}$$

Z = 0,000786705



ITS
Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

$$Re = 0.0004778 \frac{P_b G Q}{T_b \mu D}$$

Dimana	Re =	Reynold number
	Pb =	Base pressure, psia
	Tb =	Base temperature, °R
	G =	gas gravity
	Q =	gas flow rate, SCFD
	μ =	gas viscosity, lb/(ft.s)
	D =	pipe internal diameter, in
	Pb =	14,7 psia
	Tb =	12,44444 °R
	G =	0,6
	Q =	230980,3 SCFD
	D =	2,067 inch
	μ =	0,000008 lb/(ft.s)

$$Re = 4730247$$

untuk aliran turbulen($Re \geq 4000$) colebrook (1938) menemukan persamaan implicit berikut untuk nilai f

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e}{3,7d} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Dimana	f	Friction factor
	e	absolute pipe Roughness
	d	inside diameter
	Re	Reynold number



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{0,0007}{3,7 \times 2,067} + \frac{2,51}{4,73 \times 10^6 \sqrt{f}} \right)$$

f 0,01533

$$F = \frac{2}{\sqrt{f}}$$

Dimana

Transmission factor

$$F = \frac{2}{\sqrt{0,01533}}$$

$$F = 16,15321294$$

$$s = 0,00375G \left(\frac{\Delta H}{T_f Z} \right)$$

Dimana

$\Delta H =$

Elevation Difference

$T_f =$

Temperatur gas rata - rata, °F

$G =$

Gas gravity (udara = 1,00)

$Z =$

Compressibility Factor

$\Delta H =$

5

$T_f =$

70 °F

$G =$

0,6

$Z =$

0,000787

$$s = 0,00375(0,6) \left(\frac{5}{70 \times 0,0787} \right)$$

$$s = 0,204287853$$



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

L = Panjang pipa, m
L 50 m

$$D = \left(\frac{Q}{77,54E \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G T_f L Z_f} \right)^{0,5}} \right)^{\frac{1}{25}}$$

Dimana

Q =	gas flow rate, SCFD
Pb =	Base pressure, psia
Tb =	Base temperature, °R
P1 =	Upsteam Pressure, psia
P2 =	Downsteam pressure, psia
G =	Gas gravity (air=1,00)
Tf =	average gas flow temperature °R
L =	Pipe segment length, m
Z =	gas compressibility factor
D =	Pipe inside diameter
e =	Absolute pipe roughness, in
Q =	230980,3 SCFD
Pb =	14,7 psia
Tb =	12,44444 °R
P1 =	3600 psia
P2 =	3550 psia
G =	0,6
Tf =	16,88889 °R
L =	50 m
Z =	0,000787
e =	0,0007 in



SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

$$D = \left(\frac{230980,3}{77,54(0,95) \left(\frac{12,4444}{14,7} \right) \left(\frac{3600^2 - 0,000244^{0,2043} 3550^2}{0,6 \times 16,88889 \times 50 \times 0,000787 \times 0,01533} \right)^{0,5}} \right)^{\frac{1}{25}}$$

$$D = 0,908614025 \text{ inch}$$

Then for main pipe, it will be use carbon stell pipe according to JIS G3454

Inside diameter	:	1,182	inch
Thickness	:	0,133	inch
Outside diameter	:	1,315	inch
Nominal pipe si	:	1	
Schedule Numb	:	80	

Inside diameter	:	30	mm
Thickness	:	3,4	mm
Outside diameter	:	33,4	mm
Nominal pipe si	:	1	
Schedule Numb	:	80	



SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

Perhitungan dimensi pipa setelah Gas Valve Unit

$$Z = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{P_{avg} 344400 (10)^{1,785G}}{T_f^{3,825}} \right) \right]}$$

Dimana :
 P_{avg} = Tekanan gas rata - rata, psia
 T_f = Temperatur gas rata - rata, °F
 G = Gas gravity (udara = 1,00)
 Z = Compressibility Factor

$$P_{Avg} = \frac{2}{3} \left(P_1 + P_2 - \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} \right)$$

Dimana :
 P_1 = Inlet pressure, psia
 P_2 = Outlet pressure, psia

$$P_1 = 150 \text{ Psia}$$

$$P_2 = 125 \text{ Psia}$$

$$P_{Avg} = \frac{2}{3} (150 + 125 - \frac{150 \times 125}{150 + 125})$$

$$= 137,8788 \text{ Psia}$$

$$P_{avg} = 137,879 \text{ Psia}$$

$$T_f = 70 \text{ °F}$$

$$G = 0,6$$

$$Z = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{137,879 \times 344400 (10)^{1,785(0,6)}}{70^{3,825}} \right) \right]}$$

$$Z = 0,020006115$$



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

$$Re = 0.0004778 \frac{P_b G Q}{T_b \mu D}$$

Dimana	Re =	Reynold number
	Pb =	Base pressure, psia
	Tb =	Base temperature, °R
	G =	gas gravity
	Q =	gas flow rate, SCFD
	μ =	gas viscosity, lb/(ft.s)
	D =	pipe internal diameter, in
	Pb =	14,7 psia
	Tb =	12,44444 °R
	G =	0,6
	Q =	230980,3 SCFD
	D =	1,71 inch
	μ =	0,000008 lb/(ft.s)

$$Re = 5717789$$

untuk aliran turbulen($Re \geq 4000$) colebrook (1938) menemukan persamaan implicit berikut untuk nilai f

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e}{3,7d} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Dimana	f	Friction factor
	e	absolute pipe Roughness
	d	inside diameter
	Re	Reynold number



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{0,0007}{3,7 \times 1,9} + \frac{2,51}{5,72 \times 10^6 \sqrt{f}} \right)$$

f 0,01619

$$F = \frac{2}{\sqrt{f}}$$

Dimana

Transmission factor

$$F = \frac{2}{\sqrt{0,01619}}$$

$$F = 15,71833611$$

$$s = 0,00375G \left(\frac{\Delta H}{T_f Z} \right)$$

Dimana

$\Delta H =$

Elevation Difference

$T_f =$

Temperatur gas rata - rata, °F

$G =$

Gas grafiti (udara = 1,00)

$Z =$

Compressibility Factor

$\Delta H =$

5

$T_f =$

70 °F

$G =$

0,6

$Z =$

0,020006

$$s = 0,00375(0,6) \left(\frac{5}{70 \times 0,020006} \right)$$

$$s = 0,008033258$$



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

L = panjang pipa, m
L = 10 m

$$D = \left(\frac{Q}{77,54E \left(\frac{T_b}{P_b} \right) \left(\frac{P_1^2 - e^s P_2^2}{G T_f L Z f} \right)} \right)^{\frac{1}{25}}$$

Dimana

Q =	Volume flow rate, SCFD
Pb =	Base pressure, psia
Tb =	Base temperature, °R
P1 =	Upstream Pressure, psia
P2 =	Downstream pressure, psia
G =	Gas gravity (air=1,00)
Tf =	average gas flow temperature °R
L =	Pipe segment length, m
Z =	gas compressibility factor
D =	Pipe inside diameter

Q =	230980,3 SCFD
Pb =	14,7 psia
Tb =	12,44444 °R
P1 =	150 psia
P2 =	125 psia
G =	0,6
Tf =	16,88889 °R
L =	10 m
Z =	0,020006
e =	0,0007



SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

$$D = \left(\frac{230980,3}{77,54(0,95) \left(\frac{12,4444}{14,7} \right) \left(\frac{150^2 - 0,000244^{0,008033} 125^2}{0,6 \times 16,88889 \times 10 \times 0,020006 \times 0,01619} \right)^{0,5}} \right)^{\frac{1}{25}}$$

$$D = 1,0846057 \text{ inch}$$

Then for main pipe, it will be use carbon stell pipe according to JIS G3454

Inside diameter	:	1,182	inch
Thickness	:	0,133	inch
Outside diameter	:	1,315	inch
Nominal pipe si	:	1	
Schedule Numb	:	80	

Inside diameter	:	30	mm
Thickness	:	3,4	mm
Outside diameter	:	33,4	mm
Nominal pipe si	:	1	
Schedule Numb	:	80	



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

CALCULATIONS DETAILS

Ship data for calculations :

BHPmcr : 876	KW		
SFGC : 9722	Kj/ kW.hr	=	0,311104 m3/kwh
S : 50	nautical mile		
Vs : 15	knot		
Endurance:	days	=	4 hours
Multiple factor for fuel gas =	1,3 - 1,5		taken = 1,5

Calculation of HFO storage tank volume

- Volume of GAS (VHFG)

$$\text{VHFO} = \text{BHPmcr} \times \text{SFGC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton})$$

where,

BHPmcr = BHP of main engine (from engine catalog) kW

SFGC = Main engine specific fuel oil consumption (g/kWh)

S = ship route (mil)

Vs = Service Velocity

C = Multiple factor of fuel oil (1,3 – 1,5)

So,

$$\begin{aligned}\text{VHFG} &= \text{BHPmcr} \times \text{SFGC} \times \text{Endurance} \times C \quad (\text{m}^3) \\ &= 876 \times 217,77 \times 4 \times 1,5 \\ &= 1635,16 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

- Weight of Storage Tank (WHFG)

$$\begin{aligned}\text{WHFG} &= \text{VHFO total} \times \rho \quad \rho = 0,0007 \quad \text{ton/m}^3 \\ &= 1,14 \quad \text{Ton}\end{aligned}$$



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

Karena menggunakan 2 mesin jadi

$$\text{WFG} = 2 \times \text{WFG}$$

$$= 2,289,228 \text{ Ton}$$

$$= 2,289,228 \text{ kg}$$

$$= 2300 \text{ kg}$$

jumlah trip perhari

2 trip perhari

Kecepatan

15 knot

harga bahan bakar CNG per kg adalah

3800 Rupiah

Diasumsikan kapal dalam setahun, operasi kapal 340 hari

Total biaya lama operasi

konsumsi bahan bakar
x harga perliter

17480000

operasi dalam 1 tahun

5943200000



ITS
Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

Perhitungan kebutuhan pipa gas

panjang keseluruhan pipa sistem BBG

32,72 m

pipa yang digunakan berdasarkan perhitungan

Then for main pipe, it will be use carbon stell pipe according to JIS G3454

Inside diameter : 30 mm 0,03 m

Thickness : 3,4 mm 0,0034 m

Outside diameter : 33,4 mm 0,0334 m

Nominal pipe size : 1

Schedule Number : 80

karena dalam pembelian pipa yang dicantumkan adalah beratnya maka harus dikonversi menjadi berat

V_{besar} 0,028653 m³

V_{kecil} 0,023117 m³

V_{pipa} 0,005537 m³

Massa jenis baja 7850 kg/m³

berat pipa = $V_{\text{pipa}} \times \text{massa jenis}$
43,46311 kg

Harga pipa

Inside diameter : 30 mm 0,03 m

Thickness : 3,4 mm 0,0034 m

Outside diameter : 33,4 mm 0,0334 m

Nominal pipe size : 1

Schedule Number : 40

panjang : 4 m

Harga pipa persatuanya : 52000



ITS

Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL GAS SYSTEM

panjang pipa yang dibutuhkan adalah 32,72 m dibulatkan menjadi 48m

jadi jumlah pipa yang dibutuhkan = "36/4

= 9 batang

biaya pembelian pipa = Rp32500 x 5

= 468000

Komponen Pada Sistem Bahan Bakar Gas

Gas Valve Unit (GVU)

Gas Filter	1	26000	26000
Control air Filter	1	32000	32000
Inert Gas Filter	1	42000	42000
Manual Shut off Valve	1	91000	91000
Double Block And Bleed Valve	6	2600000	15600000
Gas Control Valve	1	72000	72000
Shut off Valve	2	91000	182000
Pressure Regulator	1	1560000	1560000
Solenoid Valve	1	1354470	1354470
Inert Valve	1	195000	195000

19154470

Asumsi untuk harga Gas Valve Unit yaitu
komponen lain

25000000

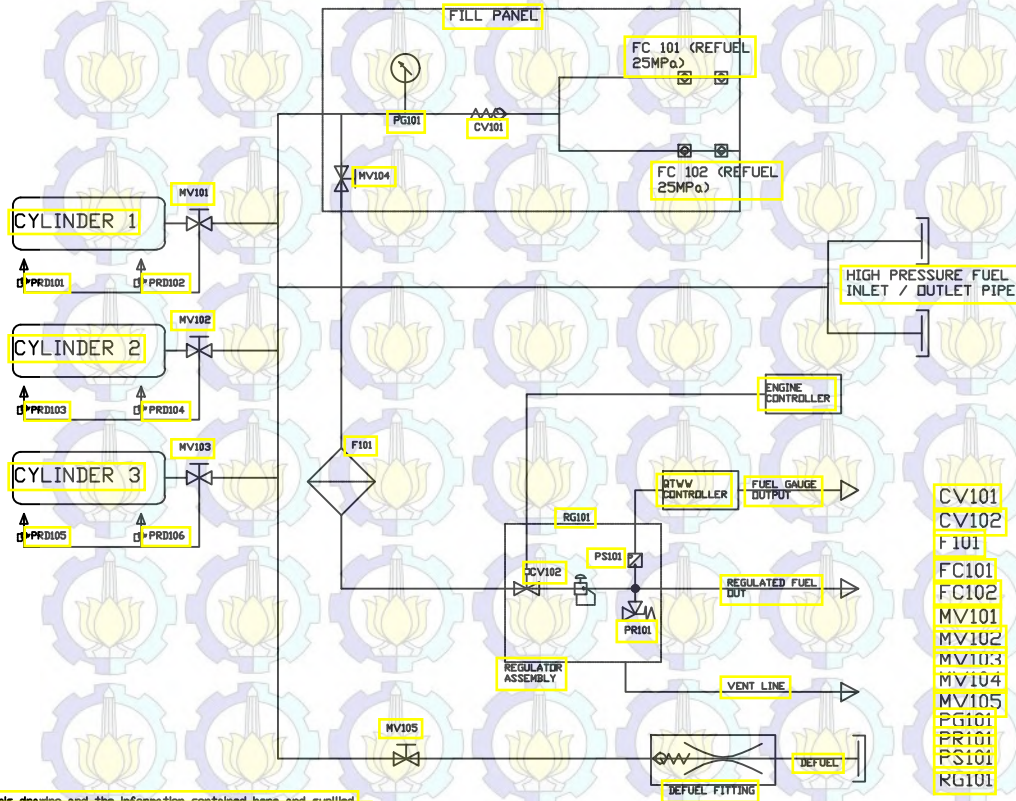
Double Block And Bleed Valve	2	2600000	5200000
Pressure Regulator	2	1560000	3120000
Pressure Trasmmitter,	2	1354470	2708940
Pressure Manometer	2	42000	84000

11112940

Jumlah 36112940

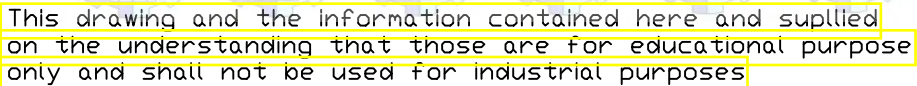
karena menggunakan 2 mesin jadi dikalikan 2

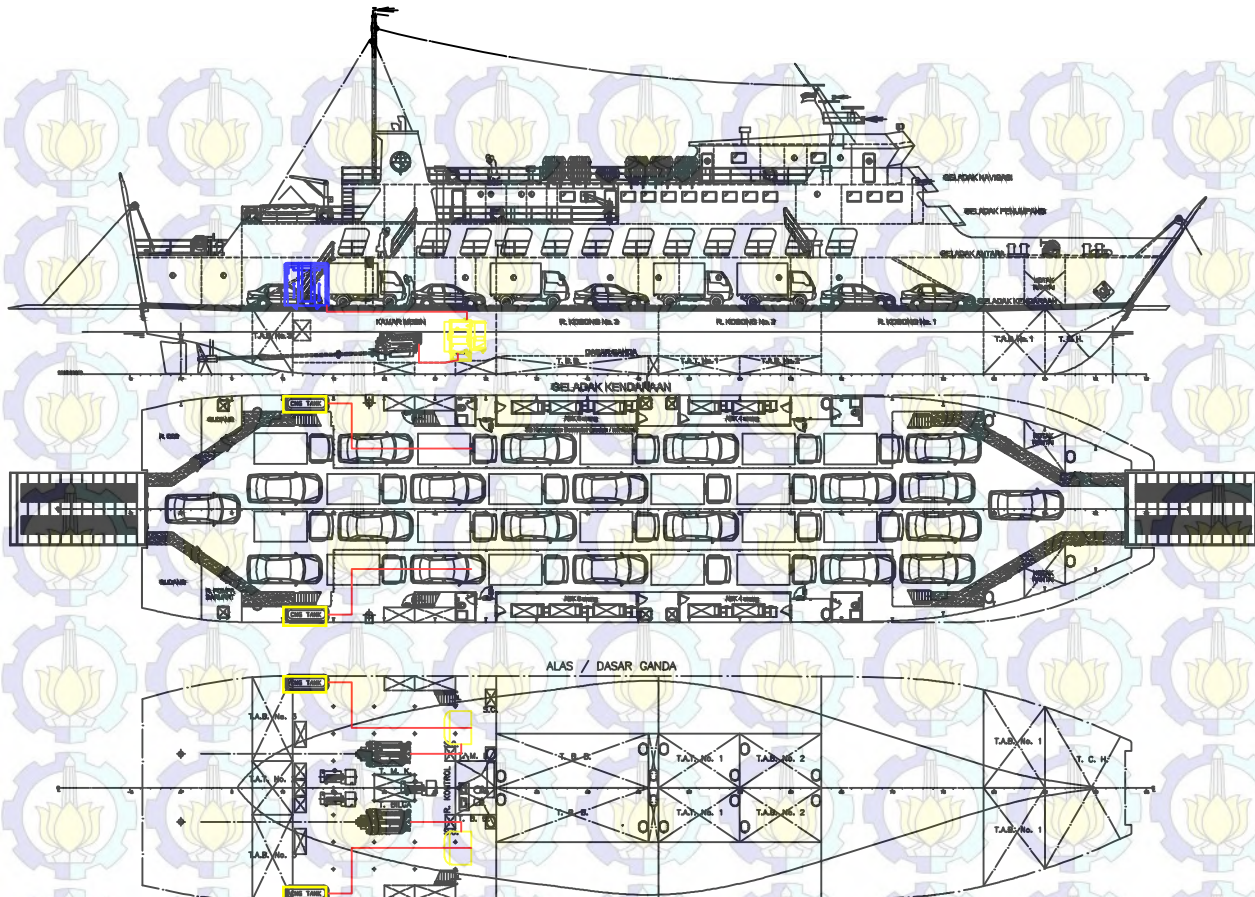
72225880



CV101	Check Valve
CV102	Control Valve, Solenoid
F101	CNG Coalescent Filter Assembly
FC101	NGV 1 Fill Valve
FC102	ISO 14469-2 Compliant High Flow Fill Valve
MV101	CNG Cylinder Manual Shut Off Valve
MV102	CNG Cylinder Manual Shut Off Valve
MV103	CNG Cylinder Manual Shut Off Valve
MV104	FSM Manual Shut Off Valve
MV105	CNG System Vent Valve
PG101	Pressure Gauge
PR101	Pressure Relief Valve
PS101	Pressure Sensor
RG101	Regulator

This drawing and the information contained here, and relied on the understanding that these are for informational purposes only and shall not be used for industrial purposes





UKURAN UTAMA :

PANJANG SELURUHNYA (L_{SL}) = 84.18 m
 PANJANG A.G.T. (L_{AGT}) = 56.00 m
 LEBAR (B) = 13.20 m
 TINGGI (G) = 3.30 m
 SARAT (T) = 2.50 m
 KECEPATAN (N) = 16.00 knot
 MOTOR INDUK = 2 x 1100 HP, 1650 rpm

A.S.K. = 24 ORANG
 PENUMPANG:
 PENUMPANG EKSEKUTIF = 18 ORANG
 PENUMPANG EKONOMI = 311 ORANG
 JUMLAH PENUMPANG = 329 ORANG
 KENDARAAN = 38 UNIT MINI TRUK/SEDAN
 = 106 UNIT SEPEDA MOTOR

KLAS: K1 + A-100 P "Kapal Penyelamatan"



ITS
Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL OIL SYSTEM

CALCULATIONS DETAILS

Ship data for calculations :

BHPmcr : 825 KW

SFOC : 196 gr/ kW.hr

S : 50 nautical mile

Vs : 15 knot

Endurance: days = 4 hours

Multiple factor for fuel oil = 1,3 - 1,5 taken = 1,5

Calculation of HSD storage tank volume

- Weight of (WHSD)

$$\text{WHSD} = \text{BHPmcr} \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton})$$

where,

BHPmcr = BHP of main engine (from engine catalog) kW

SFOC = Main engine specific fuel oil consumption (g/kWh)

S = ship route (mil)

Vs = Service Velocity

C = Multiple factor of fuel oil (1,3 - 1,5)

So,

$$\text{WHSD} = \text{BHPmcr} \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \times C \quad (\text{ton})$$

$$= 825 \times 196 \times 50 \times 10^{-6} \times 1,5$$

$$= 0,97 \quad \text{ton}$$

- Volume of Storage Tank (VHSD)

$$\text{VHSD} = \text{WHSD total} / \rho \quad \rho = 0,845 \quad \text{ton/m}^3$$

$$= 0,82 \quad \text{m}^3$$



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL OIL SYSTEM

Volume expansion because of constraction and temperature is 4% from volume HSD. So, total volume of tank is :

$$\begin{aligned} \text{VHSD} &= (4\% \times 0,82) + 0,82 \\ &= 0,853 \quad \text{m}^3 \\ &= 852,61176 \quad \text{liter} \\ &= 860 \quad \text{liter} \end{aligned}$$

Karena menggunakan 2 mesin jadi

$$\begin{aligned} \text{VHSD} &= 2 \times \text{VHSD} \\ &= 1720 \quad \text{liter} \end{aligned}$$

jumlah trip perhari

2 trip perhari

Kecepatan

15 knot

harga bahan bakar HSD per liter adalah

12700 Rupiah

Diasumsikan kapal dalam setahun, operasi kapal 340 hari

Total biaya lama operasi

konsumsi bahan bakar

x harga perliter

44450000

operasi dalam 1 tahun

15113000000



ITS

Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL OIL SYSTEM

Perhitungan kebutuhan pipa konvensional

panjang keseluruhan pipa sistem BBM 77,71 m

pipa yang digunakan berdasarkan perhitungan

Then for main pipe, it will be use carbon stell pipe according to JIS 71 05 10

Inside diam : 71,1 mm 0,0711 m

Thickness : 5,2 mm 0,0052 m

Outside dia : 76,3 mm 0,0763 m

Nominal pi : 65A

Schedule N : 40

karena dalam pembelian pipa yang dicantumkan adalah beratnya maka harus dikonversi menjadi berat

V_{besar} 0,355137 m³

V_{kecil} 0,30838 m³

V_{pipa} 0,046757 m³

Massa jenis baja 7850 kg/m³

berat pipa = $V_{\text{pipa}} \times \text{massa jenis}$
367,0431 kg

Harga pipa

Inside diam : 71,1 mm 0,0711 m

Thickness : 5,2 mm 0,0052 m

Outside dia : 76,3 mm 0,0763 m

Nominal pi : 65A

Schedule N : 40

panjang : 6 m

Harga pipa persatuanya Rp.147.300



ITS
Institut Teknologi
Sepuluh Nopember

SPECIFICATION OF FUEL OIL SYSTEM

panjang pipa yang dibutuhkan adalah 77,71 m dibulatkan menjadi 78 m

jadi jumlah pipa yang dibutuhkan - "84/6

= 13 batang

biaya pembelian pipa = Rp98000 x 13

= 1914900

Katup Bundar	12	91000	1092000
Katup Bundar (remotly)	1	117000	117000
Saringan Ganda	3	52000	52000
Self Closing Valve	4	130000	520000
Pompa Transfer	2	3900000	7800000
			9581000

No.	SIMBOL	NAMA
1		KATUP BUKAR (REMOTE OPERATED VALVE)
2		POMPA TANGKAI
3		SELF-ALIGNING VALVE
4		SELF-ALIGNING VALVE
5		SELF-ALIGNING VALVE
6		SELF-ALIGNING VALVE
7		SELF-ALIGNING VALVE
8		SELF-ALIGNING VALVE
9		SELF-ALIGNING VALVE
10		SELF-ALIGNING VALVE
11		SELF-ALIGNING VALVE
12		SELF-ALIGNING VALVE
13		SELF-ALIGNING VALVE
14		SELF-ALIGNING VALVE
15		SELF-ALIGNING VALVE
16		SELF-ALIGNING VALVE
17		SELF-ALIGNING VALVE
18		SELF-ALIGNING VALVE
19		SELF-ALIGNING VALVE
20		SELF-ALIGNING VALVE
21		SELF-ALIGNING VALVE
22		SELF-ALIGNING VALVE
23		SELF-ALIGNING VALVE
24		SELF-ALIGNING VALVE
25		SELF-ALIGNING VALVE
26		SELF-ALIGNING VALVE
27		SELF-ALIGNING VALVE
28		SELF-ALIGNING VALVE
29		SELF-ALIGNING VALVE
30		SELF-ALIGNING VALVE
31		SELF-ALIGNING VALVE
32		SELF-ALIGNING VALVE
33		SELF-ALIGNING VALVE
34		SELF-ALIGNING VALVE
35		SELF-ALIGNING VALVE
36		SELF-ALIGNING VALVE
37		SELF-ALIGNING VALVE
38		SELF-ALIGNING VALVE
39		SELF-ALIGNING VALVE
40		SELF-ALIGNING VALVE
41		SELF-ALIGNING VALVE
42		SELF-ALIGNING VALVE
43		SELF-ALIGNING VALVE
44		SELF-ALIGNING VALVE
45		SELF-ALIGNING VALVE
46		SELF-ALIGNING VALVE
47		SELF-ALIGNING VALVE
48		SELF-ALIGNING VALVE
49		SELF-ALIGNING VALVE
50		SELF-ALIGNING VALVE
51		SELF-ALIGNING VALVE
52		SELF-ALIGNING VALVE
53		SELF-ALIGNING VALVE
54		SELF-ALIGNING VALVE
55		SELF-ALIGNING VALVE
56		SELF-ALIGNING VALVE
57		SELF-ALIGNING VALVE
58		SELF-ALIGNING VALVE
59		SELF-ALIGNING VALVE
60		SELF-ALIGNING VALVE
61		SELF-ALIGNING VALVE
62		SELF-ALIGNING VALVE
63		SELF-ALIGNING VALVE
64		SELF-ALIGNING VALVE
65		SELF-ALIGNING VALVE
66		SELF-ALIGNING VALVE
67		SELF-ALIGNING VALVE
68		SELF-ALIGNING VALVE
69		SELF-ALIGNING VALVE
70		SELF-ALIGNING VALVE
71		SELF-ALIGNING VALVE
72		SELF-ALIGNING VALVE
73		SELF-ALIGNING VALVE
74		SELF-ALIGNING VALVE
75		SELF-ALIGNING VALVE
76		SELF-ALIGNING VALVE
77		SELF-ALIGNING VALVE
78		SELF-ALIGNING VALVE
79		SELF-ALIGNING VALVE
80		SELF-ALIGNING VALVE
81		SELF-ALIGNING VALVE
82		SELF-ALIGNING VALVE
83		SELF-ALIGNING VALVE
84		SELF-ALIGNING VALVE
85		SELF-ALIGNING VALVE
86		SELF-ALIGNING VALVE
87		SELF-ALIGNING VALVE
88		SELF-ALIGNING VALVE
89		SELF-ALIGNING VALVE
90		SELF-ALIGNING VALVE
91		SELF-ALIGNING VALVE
92		SELF-ALIGNING VALVE
93		SELF-ALIGNING VALVE
94		SELF-ALIGNING VALVE
95		SELF-ALIGNING VALVE
96		SELF-ALIGNING VALVE
97		SELF-ALIGNING VALVE
98		SELF-ALIGNING VALVE
99		SELF-ALIGNING VALVE
100		SELF-ALIGNING VALVE

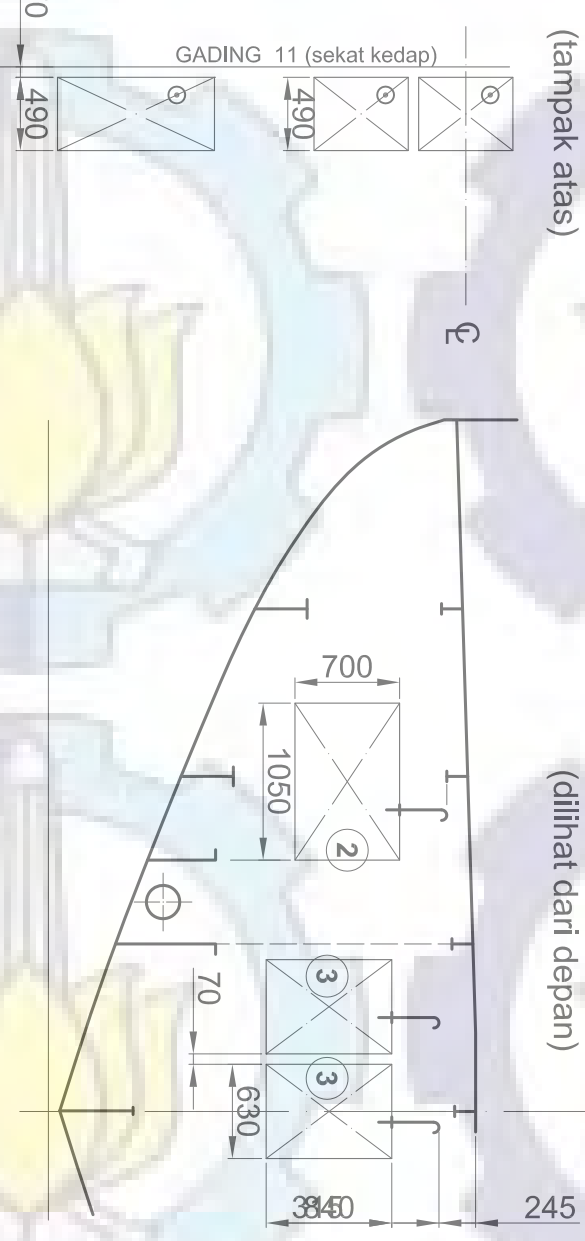
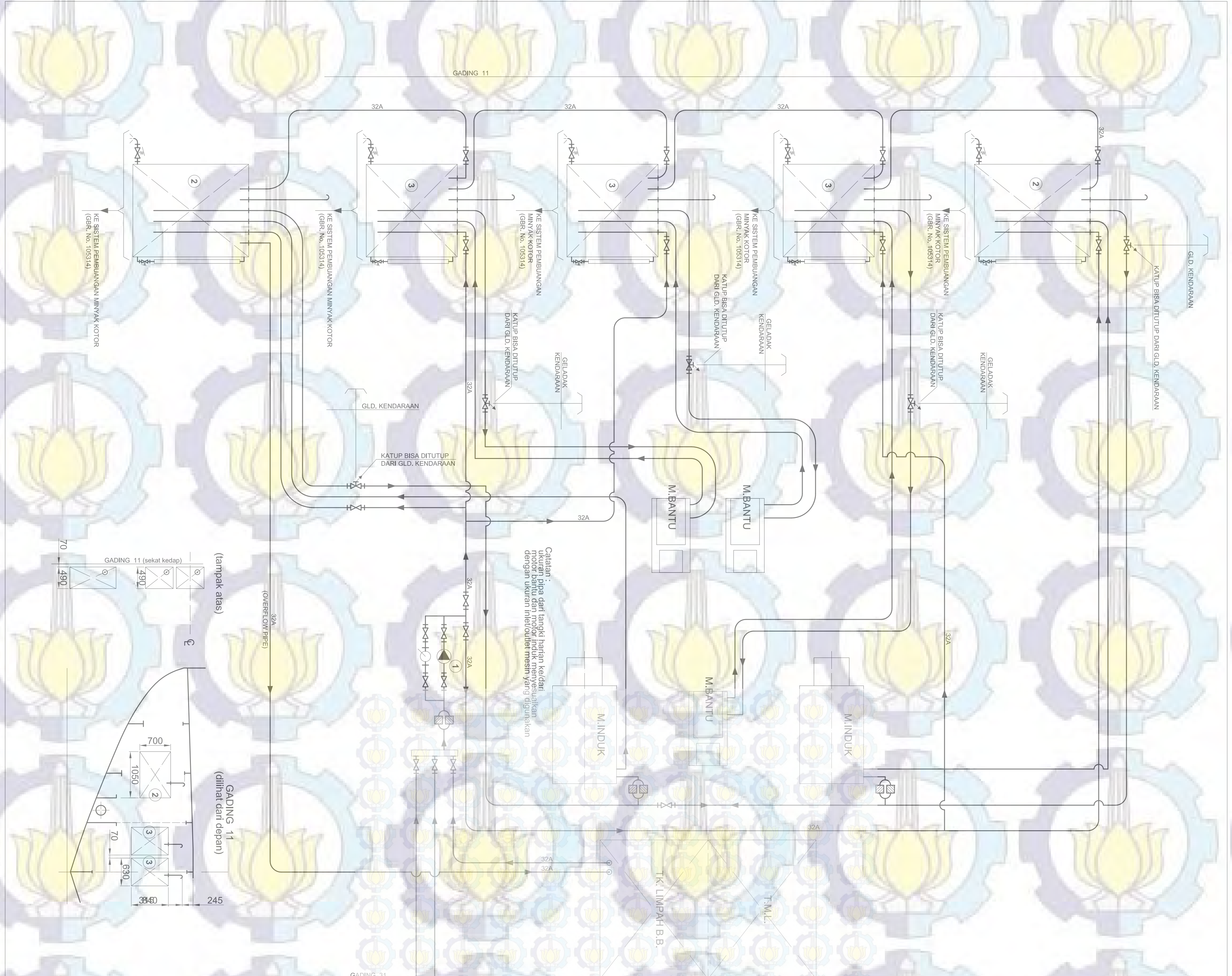
1	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
2	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
3	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
4	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
5	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
6	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
7	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
8	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
9	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
10	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
11	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
12	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
13	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
14	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
15	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
16	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
17	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
18	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
19	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
20	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
21	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
22	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
23	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
24	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
25	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
26	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
27	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
28	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
29	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
30	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
31	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
32	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
33	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
34	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
35	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
36	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
37	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
38	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
39	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
40	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
41	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
42	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
43	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
44	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
45	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
46	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
47	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
48	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
49	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
50	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
51	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
52	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
53	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
54	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
55	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
56	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
57	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
58	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
59	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
60	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
61	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
62	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
63	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
64	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
65	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
66	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
67	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
68	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
69	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
70	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
71	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
72	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
73	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
74	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
75	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
76	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
77	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
78	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
79	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
80	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
81	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
82	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
83	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
84	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
85	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
86	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
87	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
88	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
89	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
90	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
91	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
92	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
93	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
94	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
95	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
96	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
97	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
98	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
99	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L
100	TK. HABUAN B.B. MOTOR BANTU	2 x 750 L

UKURAN UTAMA :
PANJANG SELURUHNYA (Loa) = 64.18 m
PANJANG A.G.T. (Lpp) = 55.00 m
LEBAR (B) = 13.20 m
TINGGI (H) = 3.90 m
SARAT (T) = 2.50 m

PT. RANCANG PERSADA
Engineering & Marine Construction
Kantor : Jl. Kelintang Baru IVB no 16, Surabaya
Telp. Fax : (031) 8280982

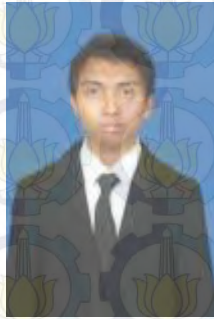
SISTEM PIPA BAHAN BAKAR KAPAL PENYEBRANGAN 1000 GT

DINAS PERHUBUNGAN KABUPATEN BENGKALIS Kantor : Jl. Pramuka - Bengkalis		DINAS PERHUBUNGAN KABUPATEN BENGKALIS Kantor : Jl. Pramuka - Bengkalis	
Perancang : Rancang Persada		Perancang : Rancang Persada	
Klas : BKI		Klas : BKI	
Simbol Proyeksi		Simbol Proyeksi	
Skala		Skala	
Digambar		Digambar	
Diperiksa		Diperiksa	
Disetujui		Disetujui	
No. Proyek		No. Proyek	
0009		0009	
No. Gambar		No. Gambar	
009306		009306	



Catatan :
ukuran pipa dari tangki hantaran ke dalam
motor bantu dan motor induk menyesuaikan
dengan ukuran motor dan mesin yang digunakan

BIODATA PENULIS



Penulis, Rhojulun Assholeh terlahir di kota Gresik pada tanggal 03 Januari 1992. Penulis menghabiskan masa kecilnya di kota Gresik hingga saat ini. Merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara dari pasangan Munadji dan Nurtik. Masa kecil penulis dihabiskan di Gresik hingga saat ini. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD YPI Darussalam Cerme - Gresik, SMP Negeri 1 Cerme - Gresik, SMA YPI Darussalam Cerme - Gresik, D3 di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pada Februari 2014 penulis melanjutkan studi S1 jurusan Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan-ITS dengan kosentarsi ilmu pada *Marine Manufacture and Design (MMD)*. Selama perkuliahan penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan pelatihan, baik yang diselenggarakan oleh pihak dari Jurusan Teknik Sistem Perkapalan maupun dari luar kampus.